

Проф. И.М. Фейгенберг

Николай Бернштейн

от рефлекса

к модели

будущего



УДК 577.353(092)+929Бернштейн
ББК 28.9
Ф 36

СОДЕРЖАНИЕ

Фейгенберг И.М.
Ф 36 Николай Бернштейн: от рефлекса к модели будущего. — М.:
Смысл, 2004. — 239 с.

Книга посвящена жизненному и творческому пути выдающегося
русского ученого-физиолога Николая Александровича Бернштейна —
основоположника физиологии активности. В книге подробно изложе-
ны основные вехи его биографии и эволюции его научных идей — от
биомеханики движений до механизмов прогнозирования будущего.

В приложение включены избранные статьи Н.А. Бернштейна.
Физиологам, психологам, историкам науки.

ISBN 5-89357-161-4

© Фейгенберг И.М., 2004.
© Издательство «Смысл», 2004.

Введение	5
Глава I. Семья. Детство и юность	8
Краеугольные камни личности	8
Семья	10
Более старые корни	17
Детство	25
Война	28
Глава II. Поиск и обретение пути	30
Институт труда	30
Бернштейн и Ухтомский	38
Движения — ключ к пониманию принципов работы мозга	44
Бернштейн и Выготский	47
Расширение фронта исследований	51
Наука и досуг	63
Глава III. Бернштейн и Павлов	70
Первая встреча	70
Итоги первого периода творчества Бернштейна	73
Стартовая площадка	93
Глава IV. Построение движений	100
Годы войны (1941—1945)	100
«О ловкости»	103
Трудности управления движениями	110
Принцип сенсорных коррекций	113
Уровни построения движений	118
Итоги второго периода творчества Бернштейна	127

Глава V. Физиология активности	130
В удушливой атмосфере	130
Физиология на скамье подсудимых	132
Первые слова рождающейся физиологии активности	136
Физиология активности набирает силу	143
Контакт с математиками	153
Развитие бернштейновской идеи модели будущего	157
Послесловие	164
После послесловия	169
Приложение. Работы Н.А. Бернштейна	172
Основные методологические позиции физиологии движений	177
Новые линии развития в современной физиологии	200
Из предисловия к брошюре А.В. Напалкова и Н.А. Чичвариной «Мозг и кибернетика»	209
К очерку К.Э. Циолковского «Механика в биологии»	213
Кое-что о письме и почерке	220
От рефлекса к модели будущего	233

ВВЕДЕНИЕ

Прошло больше ста лет со дня рождения Николая Александровича Бернштейна (1896—1966) — одного из крупнейших нейрофизиологов XX века. Виртуозный экспериментатор, глубокий мыслитель, он заложил основы современной биомеханики движений человека и теории управления движениями, был основоположником физиологии активности. Его вклад в нейрофизиологию и в психологию сейчас высоко оценен во всем мире. Он признан классиком науки. Его считают предтечей кибернетики — науки об управлении и связи в сложных неживых и живых системах. Творчество Н.А. Бернштейна проникнуто единством и глубиной естественнонаучного мировоззрения, с именем Н.А. Бернштейна связаны многие идеи современной науки, значение которых далеко выходит за рамки физиологии.

Чем можно измерить научный вклад того или иного ученого? Издается своеобразный индекс научной литературы, в котором после фамилии автора указывается, кто и где ссылается на его работы. Одно из достоинств такого индекса состоит в том, что он позволяет определить ценность работ ученого или научного направления, установив, насколько долго его исследования продолжают влиять на развитие науки. Можно, например, взять в качестве критерия время, в течение которого цитировать работы этого ученого или направления стали вдвое меньше — своеобразный «период полужабвения». Для публикаций в области физиологии он равен обычно нескольким годам. Но подойти с этой меркой к работам Николая Александровича Бернштейна невозможно. Здесь происходит процесс обратный «забвению».

В середине 30-х годов, когда вышли из печати его статьи, посвященные координации и локализации функций в нервной

системе, на них почти никто не ссыался. А сейчас они цитируются в самых современных исследованиях физиологов и психологов; эти работы тщательно изучают студенты; их переиздают и в России, и за рубежом. Такова судьба лишь немногих исследователей, опередивших понимание современников и осветивших путь следующему поколению. Примером может служить Грегор Мендель — основоположник генетики.

Вспоминая в этой связи Николая Александровича, мне хотелось обратить внимание на то, какого мужества порой требует жизнь от ученого. Непонимание современниками не проходит даром. Оно часто порождает «зону молчания», снисходительные усмешки и злобные насмешки, раздражение и прямые действия, мешающие продолжать работу. И только большая уверенность в нужности, правильности своего дела, мужество могут дать силы продолжать движение по избранному пути. Николай Александрович продолжал этот путь до конца жизни, несмотря на тяжелую болезнь, несмотря на то, что был лишен возможности вести экспериментальную работу с постоянным коллективом сотрудников. Это — героизм, хотя он и не так заметен окружающим, как героизм ученого, ставящего на себе рискованный эксперимент. У Николая Александровича не кружилась голова от присуждения Государственной премии и не опускались руки от невежественной и злобной «критики». Он работал, «обиды не страшась, не требуя венца». И не были натяжкой слова Бориса Пастернака, прочитанные в день его похорон математиком И.М. Гельфандом:

Другие по живому следу
Пройдут твой путь за пядью пядь,
Но поражения от победы
Ты сам не должен отличать.

Несмотря на болезнь, Н.А. Бернштейн буквально до последних дней жизни продолжал активно помогать всем тем, кто шел к нему за советом. Он умел терпеливо слушать, требовательно критиковать, щедро советовать. К нему привлекал людей не только его ум, но и огромная доброжелательность, умение радоваться удаче другого, умение увидеть и поддержать в человеке его сильные стороны.

Николай Александрович не поучал, а обсуждал. Он не только пытался ответить на вопросы, с которыми к нему обращались, но и ставил новые задачи. Он умел показать, что не ясно. Это были вопросы-проблемы, организующие исследование.

Для Николая Александровича знания о работе нервной системы не представлялись красивым и законченным учением. Он видел здесь поле для поиска. И очень часто его ответ состоял не в том, какова истина, а в том, где и как ее искать.

Краткое изложение сущности трудов Н.А. Бернштейна дано в статье «Физиология активности», напечатанной в «Философской энциклопедии» (т. 5, М.: Л., 1970, с. 328—330). Но мне хочется рассказать о том, на какой почве возникла и как развивалась личность этого замечательного ученого — личность яркая, многогранная; проследить, как протекала его непростая жизнь и творческая деятельность; в общедоступной форме представить сущность его научных поисков и вклада в науку.

Писать о Николае Александровиче Бернштейне трудно. Большие горные вершины хорошо видны при удалении от них или при подъеме на другие вершины. Время еще не дало нам достаточно отдалиться, а силы — подняться. Но откладывать нельзя. Уходят люди, знавшие его, работавшие с ним. А без их помощи невозможно восстановить жизненный путь Николая Александровича.

* * *

Автор выражает сердечную признательность всем тем, кто помог написать эту книгу. Это прежде всего Татьяна Сергеевна Попова — многолетняя сотрудница Николая Александровича. Она любовно и бережно хранила все, что было связано с Николаем Александровичем, включая сделанные им в юности модели железнодорожных вагонов и его переписку. Интересные материалы стали доступны автору благодаря любезной помощи Татьяны Ивановны Павловой — приемной дочери Николая Александровича. Существенной была помощь и Льва Владимировича Чхаидзе — бывшего сотрудника Николая Александровича. Он сохранил и поделился с автором этой книги живыми воспоминаниями о Бернштейне, копиями некоторых его рисунков, фотографиями разных лет. Ценные материалы помогли найти сотрудники архивов — в Москве, в Одессе, в Нью-Йорке. Без помощи людей, которые знали Николая Александровича и сохранили память о нем, написать эту книгу было бы невозможно. В подготовке рукописи огромную помощь оказала Инесса Моисеевна Рубина. Очень полезными были замечания В.Л. Лаврик и всех членов Иерусалимского междисциплинарного семинара по тексту рукописи.

Всем им — искренняя благодарность автора.

ГЛАВА I. СЕМЬЯ. ДЕТСТВО И ЮНОСТЬ

Краеугольные камни личности

Каждый человек — *дитя* своего времени, которому эпоха придаст какие-то присущие ей черты. И каждый человек — *творец* своего времени. Но один дает много, другой — чуть-чуть; один проходит по жизни, сделав ее хоть немного красивее, другой оставляет горечь в чьих-то сердцах.

Бесследных троп по жизни нет;

Но только за собой

Один оставит добрый след,

И наследит другой.

Двадцатый век богат и теми и другими.

Вклад одного виден сразу, за ним тянутся современники, вокруг него образуются «школы». Вклад другого по разным причинам не очень заметен при жизни, его замечают позже, и его влияние сказывается потом. Так было когда-то с творческим наследием Иоганна Себастьяна Баха в музыке, Николая Лобачевского в математике, Грегора Менделя в биологии.

В жизни Николая Александровича Бернштейна тоже отразилось время — как солнце в капле воды. Его творчество создает эпоху в науке — уже после его кончины.

Николай Александрович Бернштейн родился в 1896 году. Но формирование личности человека имеет гораздо более ранние истоки, чем момент физического рождения. И для такой яркой и многогранной личности, какой был Н.А. Бернштейн, проследить эти истоки особенно интересно.

Некоторые краеугольные камни, образующие фундамент личности, очень сильно влияют на ее дальнейшее развитие, хотя и не определяют полностью ее особенности. Поэтому очень интересно разобраться в основах. Я говорю «очень интересно», а не «необходимо» потому, что это далеко не всегда возможно. Часто (может быть даже — чаще всего) сам человек не знает своей предыстории, не осведомлен о корнях, из которых потом вырастает неповторимая личность. И люди, живущие рядом и даже в тесном контакте с ним, видя многие его особенности, не знают, с чем все связано. Жизнь человека формирует его личность — иногда сохраняя на виду особенности «фундамента», иногда делая их глубоко скрытыми.

Когда я говорю о «краеугольных камнях», о корнях, о предыстории формирования личности, я имею в виду не только ее генетические особенности (хотя и они очень важны). Существенна культура семьи, ее интересы, взгляды, обычаи. И не только той семьи, в которой растет ребенок (об этом и говорить не приходится!), но семьи более ранних периодов — тех предков, которых ребенок уже не застал живыми, о которых он иногда почти ничего не знает.

В работе над биографией Н.А. Бернштейна мне повезло. В его семье, в библиотеках и архивах Москвы, Одессы и Нью-Йорка удалось получить сведения о нескольких поколениях, предшествующих Николаю Александровичу. Похоже, что и он сам многого не знал, так как трудно себе представить, чтобы он никогда не рассказывал об этом.

Николай Александрович родился в культурной семье, где много внимания уделялось воспитанию и образованию детей — Николая и Сергея. И в том, что из Николая Александровича вырос крупный ученый — экспериментатор и мыслитель, физиолог и психолог, а к тому же до некоторой степени математик и музыкант (он не только хорошо играл на фортепиано, но и сочинял музыку), полиглот, художник и мастер слова, знаток литературы и поэт — во всем этом большую роль сыграла семья, в которой прошли его детские и отроческие годы.

Рассказывают, что у английского садовника спросили: как выращивать такие красивые газоны? Он ответил: «О, это очень просто. Надо стричь и поливать, снова стричь и поливать — и так триста лет». Так же создается культура в семье. Дети впитывают

то, что накоплено поколениями. И те, кого ребенок не застал в живых, тоже воспитывают. В семье с хорошими культурными традициями активное, действенное влияние на младшее поколение оказывают и поколения, давно ушедшие из жизни. Смена поколений — это как эстафета, но с той разницей, что эстафетная палочка, передаваемая следующему поколению, не совсем такая, какой была, когда ее приняли от предыдущего поколения. Каждое поколение меняет ее, делает на ней новые зарубки — то больше, то меньше, но обязательно делает, то вписывая их в старую систему зарубок, то мало считаясь с ними.

Семья

Отец Николая Александровича — Александр Николаевич Бернштейн (1870—1922) принадлежал к лучшей части тогдашней московской интеллигенции. Он был врачом-психиатром, учеником и сотрудником крупнейшего русского психиатра-гуманиста Сергея Сергеевича Корсакова, создателя и главы московской психиатрической школы. Будучи студентом-медиком, Александр Николаевич слушал лекции С.С. Корсакова, затем стал его ординатором, а потом ассистентом корсаковской клиники — психиатрической клиники медицинского факультета Московского императорского университета. Александр Николаевич был не только известным московским врачом, но и широко образованным педагогом, заложившим в России основы специализации и усовершенствования врачей-психиатров. 1 октября 1901 года на объединенном заседании Московского психологического общества и Общества невропатологов и психиатров Александр Николаевич произнес речь, посвященную памяти учителя, — «Психологические и философские воззрения С.С. Корсакова». В речи он сказал, что как «учителя жизни», как «живую совесть» чтит Корсакова его друзья, товарищи, сотрудники, но как психолога и философа знал и ценил его лишь ограниченный круг людей, причастных к Московскому психологическому обществу. А.Н. Бернштейн напомнил, что психиатр А.А. Токарский, близкий друг С.С. Корсакова, усматривал главное значение последнего для психологии в том, что «он знал человеческую душу не такой, как ее описывают в книжках, а такой, какова она в действительности». «Мне думается, — сказал Александр Николаевич, — что для определения заслуг Сергея

Сергеевича и в психологии и в психиатрии с полным правом можно бы сказать обратное: он в книжках описал человеческую душу такой, какова она в действительности».

«Живая совесть», «учитель жизни», «описал человеческую душу такой, какова она в действительности» — вот что подчеркнул автор речи; и в такой расстановке акцентов видна характеристика и автора речи.

А.Н. Бернштейн был человеком глубоко образованным, с широким кругом интересов. В 1896 году — в год рождения сына Николая — выходят из печати две работы ординатора Московской психиатрической клиники А.Н. Бернштейна. Одна из них называется «Мир звуков как объект восприятия и мысли». Это, по существу, научно-популярный очерк, важный для нас тем, что показывает обширность круга интересов и знаний Александра Николаевича. Здесь и физика звука, и физиология слуха, и психология речевого и музыкального слуха, музыкальной памяти; здесь и работа голосового аппарата, способность управлять им. «Физически воспроизводя мелодию, мы физиологически повторяем лишь последовательный ряд иннерваций, соответствующий ряду мышечных ощущений, сопровождавших восприятие». В этой многосторонности и глубине интересов просматривается залог того, что в развернутом виде проявилось в творчестве Николая Александровича — ровесника этого очерка.

Другая работа А.Н. Бернштейна, опубликованная в том же 1896 году в 27-м выпуске журнала «Врач», называется очень буднично — «О постельном содержании в применении к лечению душевнобольных». Статья посвящена опыту женского отделения Московской психиатрической клиники, которое находилось под непосредственным наблюдением Александра Николаевича. В 1895—1896 годах по инициативе С.С. Корсакова там впервые применили систематическое постельное содержание больных; изоляционное («буйное») отделение не действовало, никто из больных ни разу не был заперт. Но мысль автора не замыкается в тесные рамки своей клиники и своего времени. «Если требуется охарактеризовать значение текущего столетия для практической психиатрии, то оно может быть определено как время развития мысли о том, что душевнобольной есть больной, и систематического проведения в жизнь всех последствий, истекающих из такого признания. Как ни проста кажется эта мысль,

какой грубой тавтологией ни звучит она, а между тем понадобилось целое столетие, чтобы вкоренить ее в наиболее человеческие умы: и сейчас еще она, к сожалению, далеко не всеми понимается в полном своем объеме», — пишет автор статьи. Он напоминает, что впервые эта мысль была высказана психиатром Пинелем в революционном Париже в 1792 году: душевнобольные должны быть освобождены от оков, цепей и прочих тюремных принадлежностей. Но, — продолжает автор, — «медленно и недружно выводились эти остатки седой старины из обихода больниц и приютов; орудия психиатрической пытки исчезали случайно, не столько вследствие сознания их вреда и неуместности, сколько вследствие большего или меньшего мягкосердия заведывавших больницами врачей. Лишь в 1839 году, почти полвека спустя после смерти Пинеля, Коннолли сделал дальнейший шаг в практическом применении той же мысли, восстав против горячечной рубашки и остального, менее распространенного, но чрезвычайно разнообразного арсенала механического стеснения. И только теперь, на наших глазах идет страстная борьба за уничтожение механической изоляции беспокойных душевнобольных в запертых особо устроенных комнатах». Статья заканчивается такими словами: «Постельное содержание — последний лозунг вековой борьбы за свободу и человеческие права душевнобольных». Сколько гражданского пафоса в статье с таким узкоспециальным и прозаическим заглавием! И здесь — основа гражданской позиции Николая Александровича, ровесника этой статьи.

Александр Николаевич внимательно следил за развитием современной ему науки, за ее находками и за методами исследования. В работе «Новые веяния в теории восприятия» (1898) он опирается на идеи И.М. Сеченова. Приведем заключительную фразу этой работы: «Теория восприятия является пробным камнем для иннервационной теории психических актов, и новое освещение познавательных процессов является, быть может, предвестником новых горизонтов, а пожалуй и нового направления физиологической психологии». На современное ему состояние науки он смотрел не только как на результат прошлого, истории; он чувствовал в современном ростки будущего. В работе видны интерес и глубокие знания Александра Николаевича в области физиологической психологии, породившей экспериментальную психологию и, в частности, психофизику с психометрией.

В 1900 году Александр Николаевич защищает диссертацию на степень доктора медицины. Он посвящает свой труд «памяти незабвенного Сергея Сергеевича Корсакова». Диссертация называется «О клиническом значении мышечного валика у душевнобольных». Автор этой работы — не просто клиницист-психиатр, но человек, знавший физиологию и связывавший с ней клинические наблюдения. «Я заботился лишь о том, чтобы связать его [клинический материал] без особенно грубых натяжек с физиологическими данными», — говорит автор, интерпретируя материал.

В 1911 году выходит книга А.Н. Бернштейна «Клинические приемы психологических исследований душевнобольных — Опыт экспериментально-клинической семиотики интеллектуальных расстройств» — труд, внесший много нового в методы исследования интеллектуальной и эмоциональной сфер человека.

1912 год — Николаю 16 лет. Его отец, приват-доцент, заведующий центральным приемным покоем для душевнобольных в Москве, А.Н. Бернштейн публикует «Клинические лекции о душевных болезнях». Этой книгой до сих пор пользуются психиатры. «Нозологическое понимание душевных болезней как принцип, объективное исследование больных как метод — вот лозунги, которыми живет современная психиатрия». В этих словах Александра Николаевича — не только четкость мысли ученого, но и задор борца за передовые по тому времени взгляды.

После Октябрьской революции 1917 года Александр Николаевич стал профессором, был заместителем заведующего Главнаукой Наркомпроса РСФСР.

Александр Николаевич любил музыку. Он проигрывал и пел с листа оперы, которые шли в Большом театре. В доме бывали интересные люди, в числе их Александр Борисович Гольденвейзер — пианист, музыкальный педагог, композитор, — с которым юный Николай играл на фортепиано в четыре руки.

Мать Николая Александровича — Александра Карловна Бернштейн, урожденная Иогансон, родилась в 1867 году в Твери в семье мелкого железнодорожного служащего Карла Ивановича Иогансона. Александра Карловна была незаурядным человеком с сильным характером. Стремясь вырваться в самостоятельную жизнь, девушка ушла из дома и поступила на работу ткачихой в Твери. Но работа ткачихи не удовлетворила ее. Она пошла санитаркой в земскую больницу — за право ночлега. Способная де-

вушка вскоре стала сестрой милосердия в операционной. Хирурги, которым она помогала во время операций, ценили ее трудолюбие, ум, ловкость ее рук. Когда в Бурашево около Твери открылась психиатрическая колония, ее рекомендовали туда как умную, умелую и с любовью помогающую больным сестру милосердия.

Сергей Сергеевич Корсаков имел обычай посылать своих учеников в психиатрические колонии, где они могли наблюдать особенно тяжелых хронических больных. Так попал в Тверскую колонию сотрудник Корсакова врач Платон Васильевич Луначарский, брат Анатолия Васильевича Луначарского — революционера, соратника Ленина, возглавившего после Октябрьской революции Наркомпрос РСФСР. Опытная молодая сестра милосердия привлекла к себе внимание Платона Васильевича, и он вызвал ее в Москву, в Корсаковскую клинику на Девичьем поле, где она и поселилась при женском отделении, в котором начала работать. Там она познакомилась с молодым врачом Александром Николаевичем Бернштейном — своим будущим мужем. Это было в начале 90-х годов XIX века.

Александра Карловна уделяла очень большое внимание воспитанию сыновей — Николая (названного так в память недавно скончавшегося деда) и младшего Сергея. Она понимала, как важно для детей изучение иностранных языков, сама она не знала их и очень тяготилась этим. Мальчики занимались с учителями — много, упорно. Недаром Николай Александрович хорошо знал немецкий, французский, английский, а также итальянский, польский и латинский языки. И это очень пригодилось ему в жизни при различных и, иногда, очень трудных обстоятельствах. «Иностранный язык — оружие в жизненной борьбе», — говорил Карл Маркс. Николаю Александровичу это оружие очень пригодилось в жизни.

Александра Карловна после рождения детей сосредоточила все свои силы и внимание на их воспитании. Но ее ловкие руки продолжали трудиться. Она мастерски шила и вышивала, делая многое, что нужно было в доме. Она расписывала тарелки и покрывала роспись глазурью.

Любовью к ручному труду, умением пользоваться инструментом, чувствовать материал Александра Карловна щедро одарила сыновей. И, как знать, не от этих ли ловких материнских рук за-

родился интерес Николая Александровича к тому, что же такое ловкость.

По чтобы лучше, полнее почувствовать духовную и интеллектуальную атмосферу семьи, в которой родился и рос Николай, нужно вспомнить еще об одном члене семьи из поколения родителей Николая Александровича. Речь идет о младшем родном брате его отца — Сергее Натановиче Бернштейне (1880—1968). Сергей, как и Александр, родился в Одессе в семье Натана (Николая) Осиповича Бернштейна (1836—1891) — врача, физиолога, педагога, общественного деятеля. Мы ниже еще вернемся к характеристике этого незаурядного человека.

По окончании гимназии в Одессе, Сергей уехал в Париж, где изучал математические науки в Сорбонне (1898—1902). Затем около двух лет провел в Геттингене, изучая математику. К 25 годам Сергей был уже показавшим свою силу ученым. В 1904 году диссертация Сергея Натановича была представлена комиссии в составе крупнейших ученых-математиков — Эмиля Пикара, Анри Пуанкаре и Жака Адамара. Что же представлял собой труд молодого математика? Вспомним, что в 1900 году в Париже состоялся Первый международный конгресс математиков. На нем выступил с докладом, ставшим знаменитым, великий математик — Давид Гильберт. Он сформулировал в докладе 23 математические проблемы, которые к тому времени не поддавались решению. Прошло всего четыре года, и молодой математик из России дает в диссертации решение одной из проблем Гильберта — 19-ой. Результат этой работы имеет фундаментальное значение для теории уравнений в частных производных. Через несколько лет, уже в России, им была решена еще одна — 20-я проблема Гильберта (1908).

С.Н. Бернштейна как математика очень высоко ценили в университете в Геттингене. Интересно высказывание о нем геттингенского профессора математики Эдмунда Ландау. Этот эпизод приведен в книге Constance Reid, *Hilbert* (Berlin — Heidelberg — New York: Springer-Verlag, 1970). Один студент посоветовался с Ландау о качестве кусочка янтаря (по-немецки янтарь — *Bergstein*). В ответ Ландау, оценивая качество янтаря, использовал имена двух математиков Бернштейнов, находившихся в то время в Геттингене. Он сказал: «Феликс Бернштейн», а если бы он сказал «Сергей Бернштейн», то это означало бы, что янтарь наивыс-

шего качества. И это при том, что Феликс Бернштейн был очень хорошим математиком, известным своими работами в теории страхования и статистики; однако Сергея Бернштейна уже тогда ценили как одного из величайших русских математиков того времени.

Сергей Натанович смотрел на математику очень широко. Еще в 1903 году он начинает свою первую опубликованную работу словами: «В наши дни все математики и физики согласны, что область применения математики не имеет пределов, отличных от пределов самого знания».

После революции 1905 года молодой ученый возвращается в Россию. Но родина неласково встретила своего сына. Только-только закончилось время, о котором Александр Блок писал:

В те годы дальние, глухие,
В сердцах царили сон и мгла:
Победоносцев над Россией
Простер совиные крыла...
(А. Блок. «Возмездие», гл. II)

Университетская деятельность была закрыта для Сергея Натановича его еврейским происхождением. И Сергей Натанович стал учителем математики в Харькове. Только после революции 1917 года Сергей Натанович получил звание профессора, а затем был избран (в 1929 году) академиком Академии наук СССР. В 1955 году Парижская Академия наук избирает его своим иностранным членом. Он становится лауреатом Государственной премии СССР. Его работы широко известны в мире и много содействовали развитию математики XX века. Он был продолжателем традиций великих русских математиков — П.Л. Чебышева, А.А. Маркова, А.М. Ляпунова. Сергею Натановичу принадлежит большое число замечательных работ. В науку прочно вошли такие понятия, как интерполяционный процесс Бернштейна, метод Бернштейна, многочлены Бернштейна, неравенство Бернштейна, теорема Бернштейна, метод суммирования Бернштейна-Рогозинского. Он был твердо убежден, что математический метод должен пронизывать современное естествознание.

С.Н. Бернштейн всегда был противником праздной игры ума. Все его работы, тесно связанные с вопросами естествознания, понимаемого в самом широком смысле, можно разделить на три

цикла: по теории дифференциальных уравнений; по теории приближения функций; по теории вероятностей.

Характерной чертой всего творчества Сергея Натановича является предпочтение, отдаваемое конкретно поставленным трудным проблемам перед близко лежащими и естественно возникающими обобщениями. Преодолевая большие трудности на пути решения поставленной задачи, он часто намного опережал своих современников, захватывая области, планомерное освоение которых было начато значительно позднее. На первый взгляд кажется иногда, что ученый решает трудную частную задачу. Потом же оказывается, что методы, которыми он пользовался, применимы для решения очень широкого класса задач. Влияние Сергея Натановича, видимо, сказалось в том, что Николай Александрович Бернштейн любил, изучал математику, что две первые его работы носят математический характер: одна (1922 год) называлась «К вопросу о восприятии величин (о роли показательной функции e в процессах восприятия величин)», вторая (1923 год) — «Логарифмические свойства клавиатуры музыкальных инструментов».

Мы видим, что в своей семье Николай Александрович с детства был окружен людьми с очень разнообразными интересами, знавшими современную науку не по популярным книжкам, а творившими ее. Уже в ранние годы, когда ребенок особенно восприимчив, Николай Александрович жил в атмосфере ищущей мысли, трудолюбия, большого внимания к воспитанию и образованию детей.

Но чтобы лучше понять гуманистически-интеллектуальные корни этой семьи, заглянем глубже в ее историю.

Более старые корни

Дед со стороны отца, Натан (Николай) Осипович Бернштейн (1836—1891), врач, физиолог и общественный деятель, родился в Бродях (Галиция). Его отец (т.е. прадед Николая Александровича), Озиас (Осип) Бернштейн имел трех сыновей — Пиуса, Натана и Германа. Это был умный и предприимчивый человек, хозяин лавки колониальных товаров в Одессе. На пожертвованные О. Бернштейном деньги в Одессе создан сиротский дом. Позже Герман продолжил дело отца, а Натан и Пиус стали врачами.



Соломон бен Акиба
Эйгер (1785—1852)

раввином в Калише, а после смерти своего отца, познанского раввина, в 1837 году занял его место, следуя традициям семьи.

Род Эгер (или Эйгер, или Эгерс), видимо, получил фамилию по городу Эгер в Чехии. В средние века в Эгере была одна из самых многолюдных еврейских общин в стране. Есть предположение, что евреи поселились здесь уже ко времени основания города, т.е. в X веке. В конце XV века возникли недоразумения между евреями и советом города. В 1497 году совет попросил у короля Владислава разрешение выслать евреев из города по истечении условленных сроков жительства. Евреи расселились по разным городам и местечкам, а в городе Эгере их не было вплоть до середины XIX века. Но фамилия Эгер как память о



Акиба Эгер (Эйгер)
Младший (1761—1837)

месте зарождения рода сохранилась в родовой еврейской семье, жившей в городе Гальберштадте в Германии. По-видимому, первоначально семья называлась Гинс или Гинсман. Фамилия Эгер в этом роду впервые встречается у Натана Бен-Авраама Эгера, который жил в Праге во второй половине XVII века и был автором «Gan Natan» — комментария к «Шулхан-Арух Орах Хаим» («Убранный стол: жизненный путь» — кодекс основных положений повседневной жизни человека; Прага, 1695).

Пиус уехал в Германию, в Дрезден, где занялся врачеванием. Но нас подробнее интересует Натан. Первоначальное образование он получил в Познани под руководством своего деда по материнской линии Соломона бен Акибы Эйгера (1785—1852) — главного раввина Познанской провинции, прапрадеда Николая Александровича. Соломон Эйгер активно работал и оставил после себя печатные труды. Родился Соломон Эйгер в городе Лисса (Пруссия, ныне Польша), в 1830 году был избран

Реб Акиба Эгер Старший (1720—1758) из Пресбурга (нынешняя Братислава) — раввин, родившийся в Гальберштадте, автор «Mishnat de-Rabbi Akiba» (Фюрт, 1781), сборника новелл к некоторым трактатам Талмуда. Его внук (по материнской линии) реб Акиба Бен-Моисей Гинс-Эгер (Эйгер) Младший — прапрапрадед Николая Александровича — родился в 1761 году в Эйзенштадте (Венгрия) и умер в Познани в 1837 году. Он был знаменитым талмудистом, духовным вождем ортодоксии, яркой фигурой ортодоксального немецкого еврейства XIX века. Он соединял в себе обширную эрудицию в области талмудической и постталмудической литературы, безграничную любовь к Торе, возвышенный взгляд на раввина как на духовного руководителя еврейства, строгую приверженность букве закона, неподдельный идеализм и бескорыстие. Эгер происходил из старинной раввинской семьи (по отцу был внуком раввина Авраама Броды из Франкфурта-на-Майне, а по матери — реба Акибы Эгера Старшего, о котором мы писали выше). Удивительные способности мальчика обратили на себя всеобщее внимание очень рано, и его воспитанием занялся его дядя, известный талмудист и раввин реб Вольф Эгер. Акиба Бен-Моисей Гинс женился на дочери крупного богача, некоего Маргалиота, так как его родные полагали, что «в доме богача он сумеет спокойно заниматься наукой». Когда дом тестя сгорел, Эгер занял пост раввина в Markisch Friedland в Западной Пруссии; это был маленький городок, но жители его сделали все возможное, чтобы удержать у себя молодого ученого, слава которого настолько возросла, что к нему обращались за разрешением религиозных споров даже из Италии. Сам же он тяготился положением раввина, не считая вправе взять на себя ответственность духовного руководителя общины; он говорил, что предпочел бы место преподавателя. В 1814 году Эгер стал раввином в Познани. Влияние Эгера на современников было огромным, что обусловлено не столько его литературными произведениями, сколько обаянием его личности. Это был пастырь, интересовавшийся всеми мелочами жизни каждого члена своей общины, каждому подававший помощь, духовную или материальную. О скромности Эгера существует масса легенд. Эгер вел нечто вроде дневника, где отдавал себе отчет, исполнил ли он все то, что наметил на этот день (Хешбон нефеш). Эгер — типичный представитель раввинской диалектики XVIII века, со всей ее тонкой казуистикой, на-

правленной на мелочи ритуала и обряда, в исполнении которых он видел главную сущность иудаизма. Желая во что бы то ни стало достигнуть совершенства в том смысле, как он его понимал, он старался каждый свой шаг оправдать раввинским авторитетом. В своей приверженности букве закона Эгер дошел до того, что обратился к раввинам с посланием на еврейском и немецком языках, увещевая их не разрешать употребление картофельной водки на Пасху. Девятый параграф его завещания запрещал какое бы то ни было прикосновение к его праху тем, кто брился бритвой. «Если бы нарушить хоть одну лишь тысячную долю из предписаний наших законоучителей, — говорил он, — вся Тора погибла бы» (см. *Ele Dibre Ha-Berit*, 27, Альтона, 1819). Тем не менее Эгер — один из наиболее уступчивых раввинов своего времени. Сухой формализм у него сочетался с безграничной чуткостью и отзывчивостью. Несмотря на хрупкое здоровье, он часто проводил ночи у постели больных, а его самоотверженная деятельность во время вспышки холеры в 1831 году была признана рескриптом короля Фридриха III. Не в пример своим современникам, падким на лестные титулы, Эгер запретил их употребление по отношению к нему, а эпитафия, им лично составленная, гласит: «Здесь покоится реб Акиба Эгер, раб рабов Господних в городах Фридланд и Познань». Наследством Акибы Эгера Младшего можно считать многочисленные печатные работы.

Род Эйгеров (Эгеров) по крайней мере со второй половины XVII века оставил в людской памяти заметный след. И, как во многих семьях (в частности, в семье Карла Маркса), в какой-то момент цепочка поколений активных религиозных деятелей или купцов прерывается, порождая ученых, врачей, общественных деятелей, деятелей искусства. Так было в России в семьях Мамонтовых, Морозовых, Шукиных, Третьяковых, Дягилевых, Алексеевых (из которых вышел К.С. Станиславский). Именно так и случилось с Натаном Осиповичем Бернштейном — дедом Николая Александровича. Родившись в семье, где было несколько поколений раввинов и получив первоначальное воспитание у своего деда — раввина, сам Натан Осипович пошел по другому пути.

Окончив Одесскую гимназию, Натан Осипович поступил в 1853 году на медицинский факультет Московского университета. В 1857 году, будучи студентом, он получил золотую медаль за работу «Анатомия и физиология легочно-желудочного нерва». За-

щитив в 1861 году в Московском университете диссертацию на степень доктора медицины, он вернулся в Одессу и занялся врачебной практикой. 8 октября 1864 года был назначен врачом Ришельевской гимназии, а 24 июня 1865 года — приват-доцентом во вновь открывшемся в Одессе Новороссийском университете по кафедре физиологии и анатомии. Натан Осипович не был крещен, а потому возникли проблемы с его назначением на государственную службу. Но это было время послабления: в одесском архиве сохранилось разъяснение Министерства народного просвещения от 1 июля 1866 года, где сказано, что «евреи, имеющие ученые степени, допускаются к службе по всем ведомствам и нет оснований к отказу». В 1871 году в Новороссийском университете начал работать великий русский физиолог И.М. Сеченов. С этого года курс физиологии Бернштейн передал Сеченову, оставив за собой только курс анатомии. Избранный советом университета в экстраординарные профессора в 1870 году, он не был утвержден в этом звании «за неимением ученой степени доктора зоологии», к которой относились в то время анатомия и физиология на физико-математическом факультете. В 1882 году Натан Осипович «по болезни» был уволен из университета. По предложению факультета через некоторое время Натан Осипович вновь избирается доцентом, но это избрание не было утверждено министром: начался период реакции и открытого антисемитизма.

Какова же «болезнь», послужившая поводом к увольнению Натана Осиповича, если через короткое время факультет вновь избирает его доцентом? На это проливают свет некоторые другие события того же года. В 1882 году из Новороссийского университета вынужден был уйти (а затем и навсегда покинуть Россию) великий русский естествоиспытатель Илья Ильич Мечников, которому ставилось в вину еврейское происхождение (по материнской линии): он был внуком первого русско-еврейского публициста, драматурга и философа Иегуды Лейба бен-Ноаха Неваховича



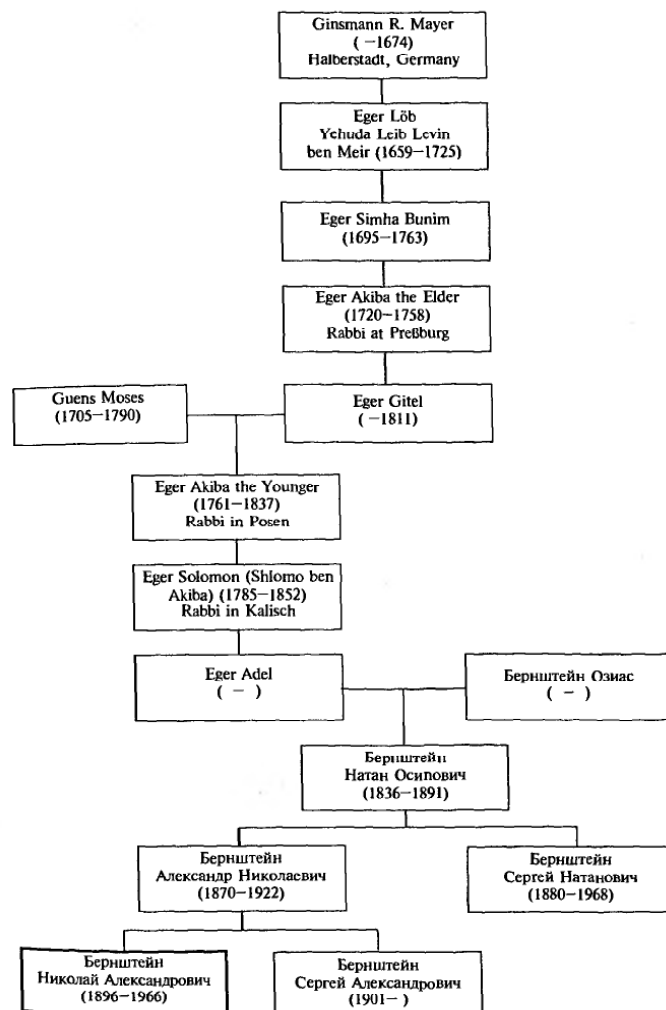
Натан Осипович Бернштейн
(1836—1891)

(1776—1831), одного из ранних последователей философа Мозеса Мендельсона. 14 апреля 1882 года И.М. Сеченов писал Мечникову: «Проклинаю те условия, которые делают заштатным такого человека, как вы». В 1888 году Мечников, травимый антисемитами, оставил Россию и уехал в Париж. Луи Пастер пригласил его в свой институт. В Пастеровском институте прошла вся его дальнейшая плодотворная деятельность. В 1908 году он получил за свои открытия Нобелевскую премию. В том же 1888 году и по тем же причинам вынужден был покинуть Одессу Владимир Аронович Хавкин — крупный микробиолог и эпидемиолог. В Одесском архиве мне удалось найти переписку с канцелярией Одесского градоначальника 1882 года по обвинению студента В. Хавкина в участии в студенческом движении, в организации сходок, в хранении оружия; он был исключен из университета и передан под надзор полиции. Хавкин уехал в Париж, а затем в Индию, где провел огромную работу по борьбе с чумой и холерой, организовал в Бомбее бактериологический институт, по сей день носящий его имя. Он разработал и испытал на себе противохолерную вакцину и затем применил ее в Индии в широких масштабах. Противочумная вакцина Хавкина позволила снизить смертность в 15 раз. Индия до сих пор хранит благодарную память о докторе Хавкине, считая его своим национальным героем.

Уехал во Францию и Александр Безредка, окончивший в 1892 году Новороссийский университет в Одессе. Сын еврейского писателя (Э. Иш-Но'оми), писавшего на иврите, он как еврей мог продолжить в России научную работу только ценой перехода в христианство, что его не устраивало. В Париже, в лаборатории Мечникова в Пастеровском институте он стал очень крупным ученым.

Реакционная обстановка в Новороссийском университете назревала уже много лет. В марте 1873 года окончилась неудачей попытка Сеченова и Мечникова провести на должность преподавателя замечательного биолога-дарвиниста В.О. Ковалевского (без всяких на то оснований один из профессоров объявил несданным экзамен на степень магистра, на самом деле прекрасно выдержанный Владимиром Онуфриевичем).

Будучи доцентом Новороссийского университета, Натан Осипович активно поддерживал передовых ученых того времени. В Одесском архиве сохранился отзыв о физиологе Г. Вериге для



Генеалогия Н.А. Бернштейна

избрания его в экстраординарные профессора. Отзыв подписан профессорами Соколовым, Ценковским, Мечниковым, Беркевичем и доцентом Бернштейном. Кстати, когда я раскопал эти бумаги в Одесском архиве, меня поразило, насколько схожи подписи Натана Осиповича и его внука Николая Александровича, который родился уже после смерти деда.

Натан Осипович был практикующим врачом, активно работал в Одесском обществе врачей: сначала — его секретарем, проявив на этом посту большую энергию, затем 8 лет — товарищем председателя этого общества, позже 14 лет — его председателем. Во время русско-турецкой войны (1877—1878) он заведовал палатой в лазарете Красного креста.

Вместе с тем, Натан Осипович получил прекрасную подготовку в области физиологии в лучших лабораториях того времени: в 1866 году он работал в Берлинской физиологической лаборатории Дюбуа-Реймона, а в 1868—1869 годах в лаборатории Людвиг в Лейпциге. В 1868 году Новороссийский университет рекомендует к опубликованию труд Н.О. Бернштейна «Частная физиология».

Энергичная общественная деятельность Натана Осиповича не ограничивалась сферой медицины. Он был гласным (членом с правом голоса) Одесской городской думы и почетным мировым судьей, принимал активное участие в еврейской общественной жизни. По его инициативе программа Одесской Талмуд-торы (еврейской религиозной школы) была расширена общеобразовательными предметами. Приобщение евреев к русской культуре было предметом настоятельных забот Натана Осиповича, противостоящих еврейскому культурному изоляционизму. Будучи соредактором (вместе с Л. Пинскером) еврейского журнала «Сион», издававшегося на русском языке в Одессе до 1862 года, Натан Осипович писал: «Идеалом редакции... было сравнение гражданских прав и обязанностей евреев с остальным населением империи и приобщение русских евреев к русской культуре». В журнале «Сион» № 7 от 18 августа 1861 года он помещает свою статью «О физическом воспитании детей».

Натан Осипович был женат на Матильде Марковне Серебряной. Высокоинтеллигентная семья Серебряных происходила от рода Слонимов, от еврейского философа, практиковавшего в Одессе. Брат Матильды Марковны, Яков Маркович Серебряный — известный адвокат в Петербурге.

Детство

5 октября 1896 года в семье Александра Николаевича, врача-ординатора Московской психиатрической клиники, родился сын. В память о деде ребенка назвали Николаем. Семья жила в полу-подвальном этаже на Зубовском бульваре. Александра Карловна, мать ребенка, человек деятельный и активный, оставила работу сестры милосердия в Московской психиатрической клинике на Девичьем поле и целиком посвятила себя воспитанию сына: первый ее ребенок умер во время родов, что вызывало тревогу молодой матери за судьбу сына. Вскоре семья переехала в лучшую квартиру на Новинском бульваре. Посреди широкой улицы был зеленый и тенистый сад, в котором мать гуляла с маленьким Николаем. (Новинский бульвар, как и Зубовский, составляли часть Садового кольца. Но перед Великой Отечественной войной бульвары были уничтожены — Москва нуждалась в широких транспортных магистралях). В 1901 году, когда Александр Николаевич уже защитил диссертацию, получив ученую степень доктора медицины, семья переехала в хороший многоэтажный дом в Большом Левшинском переулке (ныне — ул. Щукина), где поселилась на втором этаже, в квартире № 3. В этом доме и прошла вся жизнь Николая Александровича, в этом доме он и скончался в 1966 году. Окна квартиры смотрели на уютный особняк, в котором в 1842 году родился Петр Алексеевич Кропоткин, и на Штатный переулок (ныне Кропоткинский), где находился Центральный приемный покой для душевнобольных, заведование которым было поручено Александру Николаевичу. Вскоре Александра Карловна родила второго сына — Сергея (1901). Может быть, его назвали Сергеем в память учителя Александра Николаевича — С.С. Корсакова.

Родители были очень внимательны к развитию и воспитанию сыновей. Мальчики занимались музыкой с педагогом, иностранными языками. Детям купили игру «Mechano» — вроде современного механического конструктора, и они с увлечением сооружали разные машины, мосты, модель Эйфелевой башни, которая в то время поражала воображение. От матери Николай унаследовал «золотые руки» — он мастерски строил из подручных материалов. Больше всего его интересовала железная дорога. Он с младшим братом ездил на «паровозно-кладбище», где рассматривал, изу-

чал, зарисовывал паровозы. В его семье до сих пор бережно хранят картотеку паровозов с рисунками Николая и несколько сделанных им моделей вагонов.

Увлечение Николая и Сергея мостами и железной дорогой было глубоким. Они читали об этом специальную литературу, в том числе и английскую. И это увлечение не прошло бесследно. Сергей Александрович стал инженером-мостовиком; позже он переключился на строительную механику, защитил докторскую диссертацию в Военно-инженерной академии, а затем до конца жизни заведовал кафедрой строительной механики в Академии бронетанковых войск.

Николай Александрович также не оставил интереса к мостам. Но если Сергей занимался их созданием, то Николай изучал взаимодействие человека с мостом. Позже он провел экспериментальную работу в Научно-техническом комитете Наркомата путей сообщения, где по просьбе профессора Рабиновича (друга Сергея Александровича по работе с мостами) исследовал силы, развивающиеся при движении людей по мосту. В 1965 году он опубликовал в журнале «Наука и жизнь» статью «Как был построен Сызранский мост через Волгу» (№ 5) и в том же журнале, в 1966 году — статью «Крушение Тэйского моста» (№ 2).

Интересен рисунок Николая Александровича — мост Александра III в Петербурге (позже — Кировский мост). Я весьма обязан профессору Л.В. Чхидзе, сохранившему этот рисунок и предоставившему мне его фотокопию.

Увлекала Николая и новая по тем временам техника радио. Это были детекторные радиоприемники с наушниками (громкоговорителей тогда еще не было). В его руках все спорилось, даже вышивание.

Дети учились в гимназии Ивана и Александры Медведниковых (8-я казенная гимназия в Старо-Конюшенном переулке) — одной из лучших московских гимназий того времени, где был очень сильный состав преподавателей, включавший ряд доцентов Московского императорского университета. Были хорошо оборудованы физический и химический кабинеты, имелся хороший гимнастический зал. В коридорах висели репродукции картин крупных художников. Из этой гимназии вышел ряд ярких людей — актер Завадский, конструктор Яковлев и другие.

Круг интересов Николая был очень широк: математика, физика, техника, фотография, музыка, языки, литература.

Дети росли, семье стало тесно в их квартире. Ведь эта квартира была и жильем, и рабочим кабинетом Александра Николаевича, местом приема им больных, и местом интенсивных занятий двух сыновей, и временным жильем для родных и друзей, присъезжавших в Москву. Здесь, кстати, всегда останавливался Сергей Натанович — дядя Николая. В 1911 году сняли вторую квартиру — на этой же лестничной площадке.

Можно представить себе, в какой атмосфере жил Николай. В доме звучали рассказы о новейших научных открытиях, о математических проблемах, поставленных Гильбертом, и об их решениях, о Сорбонне, в которой учился и защитил докторскую диссертацию Сергей Натанович. Он приезжал сюда из Харькова, а позже, когда стал академиком, — из Ленинграда. После возвращения из эвакуации в Боровое (1941—1943), поселившись в Москве, он часто бывал здесь. К отцу Николая приходили интересные люди, шли разговоры о медицине, о психике человека и ее нарушениях, о социальных проблемах, об искусстве, о музыке, которую отец очень любил.

Семья была очень дружной. Александр Николаевич следил за развитием детей, занимался их эстетическим воспитанием, старался дать им широкое образование. Отец с сыновьями проигрывал множество опер, мальчики пели отдельные партии. В гимназии они изучали языки — латынь, французский, немецкий, английский. Для углубления знаний английского языка мальчики занимались частным образом у очень хорошего педагога Радунского. Уже будучи студентом, Николай изучил польский и итальянский языки.

Увлечение музыкой не было мимолетным для Николая. Он хорошо играл на фортепиано, был поклонником Скрябина. Иногда экспромтом играл на рояле свою собственную музыку. Это были «тяжелые», скрябинского толка вещи. Скрябин был кумиром молодого поколения того времени. Вспомним Пастернака:

Раздается звонок,
Голоса приближаются:
Скрябин.
О, куда мне бежать
От шагов моего божества!

Мать Николая говорила: «Ой, опять сыночек за Скрыбина взялся; значит, он в миноре».

В 1913 году Николай окончил гимназию с серебряной медалью и поступил на историко-филологический факультет; его интересовали философия, филология.

Но в августе 1914 года началась война.

Война

Волна патриотического энтузиазма захватила молодежь и этой семьи. Николай решил бросить университет и идти в армию, на фронт. Отец был в ужасе от решения Николая. Мать описала ему фронт, смерть, страдания раненых. «Ты должен не убивать людей, а спасать их от смерти и страданий», — говорила она сыну. Родителям с трудом удалось уговорить Николая не бросать университет, а перевестись на медицинский факультет. Новый учебный год (осень 1914 года) Николай встречает уже будучи студентом-медиком. Занятия шли очень интенсивно — фронту нужны были военные врачи. Сроки обучения сокращались. Николай попал на такой ускоренный выпуск. На медицинском факультете он познакомился со студентом Кекчеевым, который потом стал профессором-физиологом и дружба с которым продолжалась долго после окончания университета. Будучи студентом, Николай работал санитаром в лазарете, помогая раненым. Весной 1919 года Николай заканчивает I-й Московский университет, получает диплом врача и мобилизуется в Красную армию, где становится военным врачом. Его отправляют на Восточный фронт против Колчака, под Казань. Он не ладил с начальством, и его в конце концов «упекли» подальше, поглубже, «в дыру» — врачом воинской части, строившей железную дорогу Казань—Екатеринбург. Работа была трудная, не всегда удавалось найти общий язык с командованием.

Ранней весной 1921 года, после демобилизации, Николай Александрович возвращается в Москву и начинает самостоятельную научную деятельность в области психиатрии и экспериментальной психологии. Прежде всего он ищет пути расширения и углубления своего образования, прослушивает ряд специальных курсов на математическом факультете I-го МГУ.

Отец устроил Николая Александровича по своей специальности — врачом в психиатрическую клинику В.А. Гиляровского.

После смерти отца в 1922 году его больные перешли к Николаю Александровичу. Мать очень радовалась этому. Ей хотелось, чтобы сын продолжил дело отца. Но Николай Александрович тяготился приемом больных. Это было ему настолько не по душе, что он в конце концов вынужден был прекратить практику. Его привлекала исследовательская, экспериментальная работа.

В марте 1921 года он становится ассистентом в Медико-педологическом институте. С этого момента начинается плодотворный, полный трудностей и их преодоления путь Н.А. Бернштейна в науке.

Нам хотелось здесь проследить предысторию появления этой яркой личности. Предысторию, начавшуюся за несколько поколений до Н.А. Бернштейна. Предысторию, о ранних этапах которой, видимо, он сам знал очень немного, хотя и явился ее венцом.

ГЛАВА II. ПОИСК И ОБРЕТЕНИЕ ПУТИ

Институт труда

Вернувшись из Красной Армии, Николай Александрович становится ординатором психиатрической школы-лечебницы Медико-педологического института в Москве. Одновременно с этим он работает заведующим секцией детской психиатрии Московского психоневрологического института.

Интерес к психиатрии не был случайным. Здесь, прежде всего, надо отметить влияние отца — профессора психиатрии. Николай Александрович посещал лекции отца по психиатрии в течение всех лет учебы на медицинском факультете, а на старших курсах работал под его руководством в психиатрической клинике и в психиатрической лечебнице-санатории.

В Медико-педологическом институте Николай Александрович работал с марта 1921 года до июля 1922 года. Там он провел экспериментальное исследование восприятия самых разнообразных величин. Он показал, что мозгу значительно более доступно сенсорное восприятие категорий отношений, чем восприятие арифметических разностей. Результаты этого исследования составляли первую опубликованную Николаем Александровичем статью. Там же он провел подготовительную лабораторно-литературную работу по психофизиологии слуха. Это тоже было продолжением дела отца. Выше мы уже писали о статье Александра Николаевича, посвященной психологии и физиологии слуха, опубликованной в год рождения Николая. Интерес Николая Александровича к слуху заставил его в течение зимы 1921—1922 года работать в Ушной клинике I-го Московского университета.

Желание заниматься точными науками побудило Николая Александровича посещать лекции на математическом факультете I-го Московского государственного университета по теории функций, по теоретической механике, по дифференциальной геометрии и разложению функций в ряды полиномов (многочленов).

Многогранность научных интересов молодого врача заставляет его искать контакты одновременно с различными научными учреждениями и учеными. С июля 1922 года по январь 1923 года он проходит ординатуру в психиатрической клинике II-го МГУ, возглавляемой профессором В.А. Гиляровским. С марта 1922 года по октябрь 1923 года Бернштейн — научный сотрудник II-го разряда Московского психологического института, где участвует в работе семинара по истории психологии.

К.Х. Кекчеев, товарищ Бернштейна по студенческим годам, работал в это время в Центральном институте труда (ЦИТ). Он рассказал о своем талантливом товарище А.К. Гастеву — основателю и директору ЦИТа. Гастев, стремившийся собрать в институте талантливую молодежь, пригласил Бернштейна. Будучи яркой, поэтически настроенной личностью, Гастев восторженно принял революцию. И решил организовать институт (ЦИТ), целью которого было нормализовать труд, сделать его и легким, и производительным — в преддверии (как казалось тогда Гастеву) светлых дней рабочего люда.

Алексей Капитонович Гастев был одним из зачинателей научной организации труда в СССР. Он родился в Суздале, в семье учителя в 1882 году. В 1901 году вступил в РСДРП (был большевиком). За революционную деятельность был исключен из Московского учительского института. В период первой русской революции (1905—1907) — председатель Костромского совета рабочих депутатов, руководитель боевой дружины. В 1906 году — делегат IV съезда РСДРП. С 1906 года работал в Союзе металлистов (он и сам был слесарем). В 1908 году уходит от РСДРП, но не прекращает участия в революционном движении. Много раз подвергался репрессиям. В 1917—1918 годах — секретарь ЦК Всероссийского союза рабочих-металлистов. В 1920 году организует в Москве Центральный институт труда (ЦИТ) при ВЦСПС. Одновременно с руководством ЦИТом в 1924—1926 годах Гастев был заместителем председателя, а затем председателем Совета по научной организации труда.

С 1904 года начали выходить из печати стихи Гастева. Уже само название первого сборника, изданного в 1918 году, говорит об умонастроении их автора: «Поэзия рабочего удара». Его стихотворения в прозе назывались: «Мы растем из железа», «Гудки», «Рельсы», «Башни». Они были очень популярны в первые годы советской власти. Смелые гиперболические образы Гастев сочетал с пафосом научного прогресса. Его публицистические произведения назывались: «Как надо работать» (1921), «Юность, иди!» (1923), «Снаряжение современной культуры» (1923), «Восстание культуры» (1923), «Новая культурная установка» (1923). В 1924 году вышла его работа по научной организации труда «Трудовые установки».

ЦИТ разместился в центре Москвы, в большом здании, которое и сейчас стоит на углу Петровки и Рахмановского переулка. Кекчеев организовал в этом институте лабораторию биомеханики, где и начал работать Бернштейн старшим научным сотрудником. И очень скоро он стал вдохновителем лаборатории и руководил ею вместе с Кекчеевым. Бернштейн привлек к работе молодого математика — Татьяну Сергеевну Попову, окончившую в 1923 году математический факультет МГУ. На первых порах научных работников в лаборатории было трое — Бернштейн, Кекчеев и Попова. Вскоре Кекчеев вместе с А.Н. Бружесом занялся пневматикой, работой мышц, изменением положения центра тяжести. Бернштейну Гастев поручил изучить элементарную операцию рабочего — удар слесарным молотком по зубилу, применяя метод циклографии. Но по сравнению с Фишером, изучавшим движения с помощью циклографии, Бернштейн значительно улучшил этот метод. Попова помогала ему в этой работе, выполняла очень трудоемкие расчеты и анализ экспериментальных данных. Нововведение Бернштейна в метод циклографии потом оформилось в новый метод — циклограмметрии.

Циклограмма представляла собой запись на фотопленку траектории движения разных точек тела рабочего. На этих точках укреплялись светящиеся лампочки, которые при движении оставляли след на фотопленке.

В физиологическом исследовании движений еще Марей применил моментальную фотографию, а затем заменил ее съемкой существенных точек в процессе движения. Брауне и Фишер ввели

одновременную съемку несколькими фотоаппаратами, осуществляемую синхронно с разных позиций. Несовершенство этих методов и громоздкость исследований не позволяли проводить массовые и точные исследования движений.

В 1924 году Н.А. Бернштейн создает новый метод исследования — кимоциклографию. Она представляет собой прерывистую синхронную регистрацию существенных точек движущегося тела на медленно и равномерно перемещающуюся пленку.

В 1928—1929 годах Бернштейн изобретает «зеркальную методику», позволяющую регистрировать движения по всем трем координатам, пользуясь одним съемочным аппаратом. Вместо съемки тремя фотоаппаратами с трех сторон (т.е. в разных проекциях) съемка велась одним фотоаппаратом, но захватывала зеркала, отражавшие движение в трех проекциях. Таким образом достигалась идеальная синхронизация позиций снимаемого объекта в разных проекциях. Стала возможной точная трехмерная регистрация движений.

Новая ступень в методике регистрации движений требовала и новых путей анализа полученных кимоциклограмм. И эта методика анализа тоже была создана Бернштейном. Комплекс методов регистрации движений и анализа результатов получил название циклограмметрии.

Бернштейн предложил математический анализ циклограмм. Циклограмма отбрасывалась (проецировалась) на бумагу с миллиметровой сеткой, и все ее точки прорисовывались карандашом; отмечались координаты точек, которые служили для дальнейшего анализа движений. Просчитывались вертикальная и горизонтальная координаты, скорость движения, ускорение, а по ним рассчитывались усилия руки рабочего. Усилия в центре тяжести каждого звена руки вычерчивались в виде графиков. Это была чрезвычайно трудоемкая работа.

Татьяна Сергеевна Попова постоянно сотрудничала с Бернштейном. Позже она вместе с ним ушла из ЦИТа, работала с ним в Институте музыкальных наук, Институте охраны труда, во Всесоюзном институте экспериментальной медицины, проводила исследования в Институте оздоровления детей и подростков и стала специалистом по моторике ребенка. Она вышла замуж за брата Бернштейна — Сергея Александровича. Все они жили в одной квартире. Так что «водораздела» между лабораторией и домом,

в сущности, не было. Николай Александрович женился на сотруднице лаборатории — Анне Исаковне Рудник; однако этот брак был недолгим.

В 1923 году Николай Александрович становится заместителем инспектора изысканий и заведующим нейромеханической лабораторией ЦИТа, где разворачивает большую научно-исследовательскую работу. Изучая по поручению Гастева биомеханику удара молотком по зубилу, Бернштейн сталкивается с тем, что существующие физиологические методики не дают возможности хорошего понимания трудовых действий человека.

Физиология движения была до того времени физиологией нервно-мышечного препарата. На взятом у животного (чаще всего у лягушки) препарате нерва и мышцы физиологи изучали, как мышца реагирует на различные раздражения нерва, что и регистрировали на кимографе — движущейся закопченной бумажной ленте. Другим распространенным методом изучения движений было исследование движения животного с разрушенным головным или спинным мозгом — на децеребрированном или спинализированном животном. Великий английский физиолог Чарльз Шеррингтон говорил об этих исследованиях так: «Мы пытались изучить нервную организацию животного и представляли его себе всего лишь как некую марионетку, приводимую в движение окружающей средой, в которой оно находится».

С работы в ЦИТе начинается первый период научного творчества Н.А. Бернштейна.

Столкнувшись с отсутствием методов, адекватных задаче исследования трудовых движений человека в естественных условиях, Бернштейн разработал и применил новые методы (кимоциклография, циклограмметрия с последующей математической обработкой результатов наблюдений), проявив незаурядный талант изобретателя. Им создан оригинальный математический метод анализа аperiodических колебаний, используемый в нейрофизиологии.

При помощи циклограмметрии — экспериментально-математического анализа движений — было обнаружено, что на модели рубки зубилом выявляются новые общие закономерности физиологии движений вообще. И с июля 1923 года Бернштейн начал экспериментальное исследование общих нервных механизмов движения методом циклограмметрии.

Это был новый подход к изучению — «живых движений» человека. Позднее Бернштейн применит его к изучению движений человека в естественных условиях — ходьбы, бега, прыжков, плавания, различных трудовых движений. Кроме рубки зубилом исследовались: опиловка напильником, работа почтовым штемпелем, письмо, игра на фортепиано. Эти исследования привели Бернштейна к важным обобщениям. Он умел видеть в «живых движениях» богатейший материал о деятельности центральной нервной системы. Но для извлечения этого материала из записей движений надо было сделать еще очень много.

Бернштейну стало ясно, что без достаточно глубоких знаний об организации движений человека невозможно серьезное изучение и «нормализация» (как хотел Гастев) трудовых движений человека. А этих глубоких знаний моторики к тому времени еще не было, их предстояло добыть. На этой почве возникли трения между Бернштейном и Гастевым, который хотел, чтобы в ЦИТе проводились утилитарные исследования с четкими практическими рекомендациями рабочему. Бернштейн же понял, что дать эти рекомендации без знания общих механизмов организации движений нельзя. В то же время он сознавал, что исследование движений человека адекватными методиками может явиться ключом к познанию общих принципов работы центральной нервной системы. Бернштейну становится тесно работать в рамках проблем Гастева, и он ищет другие (не только трудовые) движения человека как объект для исследования общих закономерностей организации движений человека.

С февраля 1923 года по декабрь 1924 года Бернштейн работает, кроме ЦИТа, ассистентом кафедры детской психиатрии Медико-педологического института, где под руководством профессора М.О. Гуревича ведет экспериментальную работу по исследованию частных нервных механизмов.

В 1923 году Бернштейн начал педагогическую работу — на курсах ЦИТа он читал курс «Биомеханика трудовых движений». С сентября 1923 года по июнь 1925 года он был преподавателем Медико-педологического института, занимая кафедру физиологической психологии. В 1924 году он вел курс биомеханики на повторительных курсах для врачей Главсанупра. В 1925 году — такой же курс на курсах Главпрофотбора и на курсах по научной организации труда в ЦИТе. Эти курсы лекций явились основой

руководств, вышедших в 1926 году: «Общая биомеханика» и «Биомеханика для инструкторов».

В 1924 году Бернштейн был членом президиума ЦИТа и членом совета Медико-педологического института.

Летом 1925 года он заканчивает работу над руководством по биомеханике. Эта большая книга (более 400 стр.) вышла из печати в 1926 году под названием «Общая биомеханика. Основы учения о движениях человека». В июне—августе 1925 года Бернштейн читает лекции по биомеханике на курсах по переподготовке инструкторов производственного обучения Москпрофотбора. Многие разделы «Общей биомеханики» (которую автор замыслил как первый том большого руководства по биомеханике) в измененном виде вошли в этот курс лекций. В «Общей биомеханике» Бернштейн впервые, опираясь на законы механики Ньютона, анализирует общие закономерности взаимодействия между силами мышц и внешними силами, действующими на звенья тела при выполнении движений.

Параллельно с «Общей биомеханикой» Бернштейн работает над книгой «Биомеханика для инструкторов». В 1926 году издательство «Новая Москва» издает ее на правах рукописи небольшим тиражом — 5 тысяч экземпляров. Эта книга представляет собою существенно переработанные автором стенограммы лекций, готовить к печати которые у него были веские основания.

«Биомеханика для инструкторов» не является повторением «Общей биомеханики». Последняя написана обстоятельно, с использованием математического аппарата и латинской терминологии и требует от читателя достаточно серьезной подготовки. Между тем Бернштейн считал необходимым дать для широкого круга читателей сокращенное и более популярное изложение основ биомеханики. «Биомеханика для инструкторов» понятна всем, знающим четыре действия арифметики и начала математики и черчения. Две лекции посвящены введению в методику изучения движений и краткой истории этого изучения, что никак не затронуто в «Общей биомеханике». Впервые популярно изложены результаты исследований одного из типичных трудовых движений — работы молотком.

Конфликт между Бернштейном и Гастевым углублялся. Гастев увлекался «поэзией удара молотком», он хотел быстрее получить практические рекомендации, не вникал в сложность проблемы.

Он считал, что удар должен происходить вертикально, хотя реально удар происходил в трех измерениях. Гастев организовал курсы инструкторов производства и обучал их удару — чтобы все осуществлялось в одной вертикальной плоскости по методике эмигранта из Франции — молотобойца Форжа, который не замахивался молотом назад, а поднимал его вверх и оттуда «сбрасывал» вниз на наковальню.

В соответствии с этим Гастев поставил перед Бернштейном задачу — найти оптимальную траекторию движения молотка, чтобы обучать рабочих использовать именно эту траекторию. Бернштейн взял для исследования две группы рабочих — начинающих и очень опытных. У начинающих попадание молотком по зубилу было недостаточно точным, и молоток двигался при каждом ударе по новой траектории. У опытных рабочих попадание по зубилу было очень точным, но траектория движений молотка была при каждом ударе новой — не было ожидавшейся Гастевым единообразной «оптимальной» траектории. Бернштейн понял, что объяснить такой результат можно только после того, как удастся разобраться в принципах организации движений, управления моторикой со стороны центральной нервной системы.

Гастев был «поэтом революции, поэтом новых отношений людей, поэтом труда». А Бернштейн как ученый понимал сложность проблемы, необходимость фундаментальных исследований. Это привело в конце концов к разрыву — уходу из ЦИТа Бернштейна, Кекчеева, Бружеса, Поповой. Циклография в ЦИТе кончилась. Но Бернштейн и Попова уже разворачивали эти исследования в новом месте — Государственном институте музыкальных наук.

Там Бернштейн занялся изучением движений правой руки пианиста. Испытуемыми стали высококвалифицированные музыканты (Игумнов, немецкий пианист Эгон Петри) и начинающие пианисты.

В Государственный институт музыкальных наук (с красивой аббревиатурой ГИМН) Бернштейна пригласил профессор Григорий Петрович Прокофьев, специалист по преподаванию фортепианной игры. Прокофьев очень интересовался теми учениками, которых подстерегала неудача в музыкальной карьере. Их и изучали Бернштейн с Поповой в специально организованной лаборатории для исследований особенностей фортепианного удара.

Бернштейн спроектировал и построил камеру для фотографического изучения движений на новом принципе (кимоциклограф). Здесь пригодились его юношеские навыки по фотографии и конструированию. Кимоциклограф позволял получать 500 изображений движущегося предмета в секунду. Бернштейн изобрел новый метод расчета циклограмм — графический: на большой лист бумаги с помощью увеличителя очень крупно наносилась циклограмма развернутых во времени движений руки пианиста, кимоциклограмма. Весь анализ производился графически: размечались микроскорости, а потом логарифмической линейкой рассчитывались скорости, ускорения и строились графики. Эта трудоемкая работа выполнялась Бернштейном и Поповой вручную.

Наряду с выходом в практику, новые данные требовали и нового теоретического осмысления.

Бернштейн и Ухтомский

Уже с начала 20-х годов Бернштейну были близки работы замечательного ленинградского физиолога академика Алексея Алексеевича Ухтомского.

Ухтомский ввел в физиологию понятие доминанты, обеспечивающей удовлетворение основной, преобладающей на данный момент потребности организма. К понятию о доминанте Ухтомского подвело то обстоятельство, что неясным было «многое в загадочной изменчивости рефлекторного поведения людей и животных при неуловимо мало изменяющейся среде и, наоборот, настойчивое повторение одного и того же образа действия при совершенно новых текущих условиях»¹. Высоко цenia исследования И.П. Павлова и оставаясь, в общем, в рамках рефлекторной парадигмы, Ухтомский видел слабые места последней и считал, что понятие доминанты в какой-то мере устраняет их. Но вместе с тем, в этом понятии уже содержится представление об активности организма животного, а значит, сделан шаг к выходу за рамки рефлекторной теории в сторону понимания поведения как целенаправленного процесса. Работы Ухтомского очень привлекали Бернштейна.

¹ Ухтомский А.А. Собр. соч.: В 6 т. Т. I. Л.: Изд-во ЛГУ, 1950. С. 317.

В свою очередь, Ухтомский заметил появление на физиологической ниве нового яркого направления исследований. В курсе лекций, прочитанных студентам Ленинградского университета в 1924—1926 годах, он говорил: «Молодой русский ученый Н.А. Бернштейн дал блестящий пример того, как надо использовать метод Фишера для полной механической оценки того или иного рабочего движения». Речь идет об исследованиях Бернштейна, начавшихся с изучения рабочих движений удара молотком и приведших к созданию нового метода исследования движений — циклограмметрии — и новых способов точной обработки полученных результатов. А.А. Ухтомский продолжает: «Зарегистрировав траекторию молотка при ручной работе, Бернштейн вычислил векторы ускорения для различных точек траектории и для различных положений движущихся центров тяжести. Зная кинетическую энергию в разных участках траектории, можно отдать отчет о том, где будет наибольшая кинетическая энергия движения данной системы в направлении траектории. Очевидно — это будет наимыгоднейший момент для технического приложения данного рабочего движения. Не говоря о технической важности подобной обработки рабочих движений, она представляет вдохновляющий интерес с чисто научной точки зрения. Ни один прежний метод регистрации двигательных реакций организма не дает такой полноты и объективности, как метод циклограммографический. И ни один прежний метод изучения двигательных реакций не обладает такой наглядностью и точностью, как метод циклограмметрии. Нельзя сомневаться, что ему принадлежит громадная будущность»².

Бернштейн встречался с Ухтомским, рассказывал ему о том, как идут исследования. Он высоко ценил работу Ухтомского о доминанте, об установочно-регуляционной роли, отводимой нервным ритмам и их усвоению: ведь существенной стороной настройки мускулатуры является предваряющая, упреждающая настройка.

Взаимная симпатия Ухтомского — к тому времени уже ученого с мировым именем — и Бернштейна — тогда еще сравнительно молодого физиолога — была, мне кажется, не случайной.

Оба они были людьми творческими, ищущими, не поддающимися «гипнозу» общепризнанных авторитетов. Оба — с очень

² Ухтомский А.А. Собр. соч.: В 6 т. Т. III. Л.: Изд-во ЛГУ, 1950. С. 161.

широким кругом интересов, далеко выходящих за рамки физиологии. Обоим было свойственно задумываться над глубокими философскими проблемами. Оба были очень доброжелательны к людям, открыты, готовы выслушать не совпадающую со своей собственной точку зрения, склонные видеть в собеседнике творческую, неповторимую личность с достойным вниманием и уважением мнением. Оба были и глубокими мыслителями, и прекрасными экспериментаторами, отлично владевшими как логическим аппаратом, так и руками. Оба изучали, кроме основной специальности, математику и пользовались в своих исследованиях математическим аппаратом.

Наконец, оба они вошли в жизнь, впитав культуру многих поколений своих семей. О традициях семьи Бернштейн-Эйгер мы говорили в начале книги. Семья Ухтомского — русская княжеская семья, корни которой восходят к Рюрику (через Всеволода Большое Гнездо — сына основателя Москвы Юрия Долгорукого). Трое или четверо князей Ухтомских легли костями на Куликовом поле в битве Дмитрия Донского с татарским войском (1380 год). В дальнейших поколениях семьи Ухтомских были и военные, и духовные лица, и ученые. Да и сам Алексей Алексеевич Ухтомский пришел в физиологию не сразу, а после учебы в Кадетском корпусе, а затем в Духовной академии, где его кандидатская работа называлась «Космологические доказательства бытия Божия». И в университет, в физиологическую лабораторию Николая Евгеньевича Введенского привело Ухтомского стремление изучить природное устройство душевной жизни. Ухтомский считал совесть физиологическим аппаратом познания — предвидением. А уметь предвидеть — «это и есть стремление знать сущность вещей и событий»³ (подчеркнуто Ухтомским. — И.Ф.). В записной книжке Ухтомского есть запись, сделанная в начале 20-х годов: «Человеческая истина... есть преобразование того, что есть, в то, что должно быть»⁴ (подчеркнуто Ухтомским. — И.Ф.). Как созвучна эта запись Ухтомского с бернштейновской «моделью потребного будущего»!

Очень высоко ценя Ухтомского, Бернштейн не безоговорочно принимал все его положения. В личной беседе с Бернштейном (вероятно, в Москве в июне 1934 года) Ухтомский говорил, что

для него идея доминанты генетически связана теснее всего с теоретико-познавательными проблемами, а во вторую очередь с проблемами физиологии поведения. Бернштейн же был склонен думать, «что эта идея находится в теснейшем родстве именно с психологическими понятиями современности и что Ухтомский не прав, пытаясь связать воедино в этом обширном философском обобщении явления из области высших эмоционально-психологических процессов с явлениями низовой неврофизиологии» (рукопись «Современные искания...», с. 300).

В 1933 году Ухтомский публикует в «Физиологическом журнале СССР им. И.М. Сеченова» обзорную статью, посвященную развитию физиологии за 15 лет после революции 1917 года⁵. В ней несколько страниц отведено «превосходным по замыслу и выполнению работам проф. Н.А. Бернштейна». Ухтомский обращает внимание на то, что почти всегда решение того или иного физиологического вопроса начинается с наблюдения какого-либо движения в организме и в попытке найти причину этого движения. При этом физиологи, за редкими исключениями, не располагают точными характеристиками реальных движений в организме и довольствуются их приблизительными описаниями. Отсюда — огромное значение приобретает метод изучения и описания движения. Метод, разработанный для этого Бернштейном, Ухтомский сравнивает по значению с тем, что дал естествознанию метод микроскопирования, разработанный Левенгуком и Мальпиги. Ухтомский пишет: «Открытие микроскопической техники произвело огромный переворот в естествознании именно благодаря тому, что, вместо приблизительных и суммарных характеристик для живых архитектур, стало возможно узнать их мельчайшие детали, каковы они есть в природе. То была микроскопия исключительно анатомическая для неподвижных форм в пространстве. Приходит время, когда наука может заговорить о «микроскопии времени», как выражается где-то Н.А. Бернштейн, о «микроскопии хронотопа», как сказали бы мы. Это микроскопия уже не анатомическая, а физиологическая: микроскопия не неподвижных архитектур, но микроскопия движения в текуче меняющейся архитектуре при ее деятельности. И здесь будет новый поворот в естествознании, последствия которого

³ Ухтомский А.А. Интуиция совести. СПб., 1996. С. 457.

⁴ Там же. С. 355.

⁵ Ухтомский А.А. К пятидесятилетию советской физиологии // Физиологический журнал СССР им. И.М. Сеченова. 1933. Т. XVI. Вып. 1.

предоценить мы пока не можем, подобно тому, как современники Левенгука и Мальпиги не могли предвидеть, что принесет их потомкам микроскоп⁶.

Ухтомский использует здесь введенное им понятие «хронотоп». Само это слово образовано из греческих корней: хронос — время, топос — место, пространство (топология — наука о пространстве). В понятии «хронотоп» Ухтомский стремился связать понятия современной ему физиологии с достижениями физики и математики, в которых трехмерное физическое пространство объединялось со временем, образуя четырехмерное пространство (Г. Минковский, А. Эйнштейн).

Интерес ученых к тому, какова форма и рабочее значение мышечных движений, не нов. Эти вопросы издавна привлекали к себе внимание тех анатомов, которые не ограничивались наблюдением и описанием формы тела, морфологией. Они пытались строить «физиологическую анатомию», как например, П.Ф. Лесгафт. Не имея возможности изучать во всех деталях прижизненную траекторию движения, они начинали с морфологической структуры действующего сустава, с определения направлений тех мышечных тяг, которые могут действовать на данный сустав. Отсюда они априорно «конструировали» — какие движения возможны в этом суставе. Гордо звучащая рационалистическая задача — теоретически построить и предсказать движение живого организма на основании геометрических и механических предпосылок, опирающихся на наблюдения над трупом, — подменяла методически недоступное прямое изучение траектории движения, как оно происходит в действительности у живого организма в естественных условиях. Действительность подменялась рациональными схемами, завлекавшими красотой и простотой. Но для современного естествоиспытателя главное не в том, чтобы от красивой, но натянутой характеристики сустава как «эллипсоида вращения», «гиперболоида вращения» или «трубчатой поверхности» перейти к предсказаниям, какие траектории необходимы для подвижного звена, скользящего или катящегося по такой поверхности. В реальном скелете нет идеальных эллипсоидов и гиперболоидов. Живая природа предпочитает всегда более или менее капризные, изменчивые формы, и отнюдь не идеально твердые, а эластически

подвижные, в значительной степени зависящие от самих движений, которые на них разыгрываются. Современное естествознание стремится узнать ход действительности как она есть. Поэтому и в самой математике рождаются попытки выйти из мира стандартно-правильных форм. Математик Е.С. Вентцель позже говорила, что если старая классическая математика делала то, что можно (так, как нужно), то современная прикладная математика делает то, что нужно (так, как можно). Нужно не «подчинение» реальности ради подчинения ее упрощенной математической формуле, а изыскание новых математических средств для выражения реального хода событий. Ухтомский ссылается на работу Бернштейна «Исследование по биомеханике удара с помощью световой записи» (1923). Он пишет по поводу этой работы, что биомеханика, построенная натуралистическим путем учета конкретных движений с тем, чтобы в конечном счете выразить их в математическом изложении без какого бы то ни было втискивания их под заранее заготовленные стандарты, — это не механическая дисциплина. Она хочет изучать реальность физиологического рабочего движения по возможности во всей полноте. Наиболее удобными объектами исследования являются сложные, высокоавтоматизированные и хорошо биомеханически изученные двигательные совокупности, вроде ходьбы с нагрузкой и без нагрузки, бега, быстрых производственных движений с высокой степенью координации. Именно так и развивались исследования Бернштейна.

В июне 1934 года Ухтомский был в Москве и встретился с Бернштейном. В завершение их беседы Ухтомский подарил ему книгу с теплой надписью: «Дорогому и глубокоуважаемому Профессору Николаю Александровичу Бернштейну в знак искренней признательности. А. Ухтомский». Это была только что изданная Ленинградским университетом книга Н.Е. Введенского «О соотношениях между раздражением и возбуждением при тетанусе» — диссертация, которую Введенский написал в середине 80-х годов XIX века для подачи своему учителю — Ивану Михайловичу Сеченову. Книга вышла под редакцией Ухтомского — ученика Введенского, сменившего его на кафедре физиологии Петроградского университета после смерти учителя в 1922 году. Не символично ли: Ухтомский издает труд своего учителя и дарит его с теплой надписью Бернштейну. Введенский (1852—1922), Ухтомский (1875—1942), Бернштейн (1896—1966) — три крупнейшие фигуры трех поколений физиологов в России. Я бережно храню эту книгу, подарен-

⁶ Ухтомский А.А. К пятидесятилетию советской физиологии // Физиологический журнал СССР им. И.М. Сеченова. 1933. Т. XVI. Вып. 1. С. 47.

ную мне дочерью Бернштейна после его кончины. Она — эстафетная палочка, переданная через три поколения физиологов.

Движения — ключ к пониманию принципов работы мозга

Разработка методов исследования стала лишь первым шагом долгого и нелегкого пути Бернштейна — пути, который, вопреки внешним трудностям, характеризуется удивительным единством. Он не приспосабливался к окружающей среде, а изменял ее для достижения своих научных целей. В конечном счете этот путь привел к результатам, не уместяющимся в традиционных рамках физиологии. Движения человека оказались не разбитыми на «кванты», кусочки, а выступили как целостный слитный акт сложной системы, управляемой целью, образом конечного результата этого движения. Объектом изучения оказался уже не нервно-мышечный препарат и даже не движущаяся конечность (как в классической физиологии), а нервный аппарат человека, имеющего свои цели, строящего планы их достижения и реализации.

Анализ движения в конечном счете перерос из задачи исследования в средство познания законов работы центральной нервной системы. Н.А. Бернштейн считал, что «...моторика человека может и должна оказаться превосходным индикатором для изучения в ней процессов, происходящих в центральной нервной системе»⁷. Бернштейн подчеркивал, что этот «двигательный индикатор высшей нервной деятельности» отличается большой выразительностью, способностью отражать быстротекущие процессы работы мозга. «Движение уже перестает быть интересным нам своей чисто внешней феноменологической стороной. Мы уже уловили, что в нем содержится богатейший материал о деятельности центральной нервной системы; правда, содержится он там в зашифрованном виде, но ведь нет такого шифра, которого нельзя было бы раскрыть при достаточном внимании и упорстве, при достаточной воле к этому»⁸.

⁷ Бернштейн Н.А. Вопросы координации движений и моторного поля // Г.П. Конради, А.Д. Слоним, В.С. Фарфель. Физиология труда. М., 1935. С. 449.

⁸ Там же. С. 450.

Особенность подхода Н.А. Бернштейна к изучению того, каким образом мозг управляет движениями, состояла в совершенно новом для того времени выяснении свойств объекта управления. Невозможно изучать, как происходит управление, не изучив детально свойств управляемой системы. Потребовалось много усилий для получения необходимых сведений о биомеханике опорно-двигательного аппарата⁹. Подчеркивая сложность этого аппарата, его многозвенность и обилие степеней свободы, нелинейные свойства основных характеристик скелетных мышц, Н.А. Бернштейн обращает особое внимание на отсутствие однозначной связи между иннервационными командами и результирующим движением. Уже в первой экспериментальной работе, посвященной биодинамическому анализу удара молотком, было показано, что любое естественное движение является чрезвычайно сложным и переменным и что в его осуществлении помимо мышечных сил значительная роль принадлежит силам немuscularного происхождения — внешним, инерционным и реактивным силам¹⁰. Поэтому центральная нервная система должна использовать какие-то нетривиальные способы управления, чтобы существенный участок траектории рабочей точки (например, молотка) был каждый раз постоянным — даже при изменяющихся условиях.

В это же время устанавливаются контакты Николая Александровича с зарубежными учеными. В июле—августе 1924 года он едет в Прагу в составе советской делегации на I-й Международный съезд по научной организации труда; выступает с докладом «Нормализация движений»; знакомится с работами лаборатории труда при Kaiser-Wilhelm-Akademie и с психотехнической лабораторией Piorkowski в Берлине.

Бернштейн становится все более авторитетным ученым в области физиологии и психофизиологии движений. В октябре 1924 года его избирают действительным членом Государственного института экспериментальной психологии и заведующим лабораторией по изучению движений. Он получает приглашение организовать подобную лабораторию в Государственном институте физической культуры. Работа началась в январе 1925 года, но вскоре закончилась из-за отсутствия материальных средств.

⁹ Бернштейн Н.А. Общая биомеханика. М., 1926.

¹⁰ Бернштейн Н.А. Исследования по биомеханике удара с помощью световой записи // Исследования ЦИТ. М., 1923. Т. I. Вып. 1. С. 9—79.

В Государственном институте экспериментальной психологии в лаборатории по изучению движений Бернштейн решал разнообразные задачи в области биомеханики ходьбы, изучал наложения двигательных реакций различных моторных полей. Его интересы не замыкались в рамках института. С помощью инвентария лаборатории он вел исследования и в других учреждениях, где выступал в роли консультанта. В 1926 году как консультанта Научно-технического комитета Наркомата путей сообщения его приглашают к исследованию динамики ходьбы и бега. Эта работа была закончена в 1927 году.

В 1926 году Бернштейна приглашают консультантом по биомеханике в Государственный институт охраны труда. Его работа направлена на рационализацию рабочего места вагоновожатого московского трамвая. Эти исследования были позже использованы при проектировании рабочего места машиниста московского метрополитена. Там же под руководством Бернштейна проводится исследование миостатики женского труда при переноске тяжестей.

Продолжается совершенствование методов исследования. В течение 1926—1927 годов Бернштейн разработал метод анализа непериодических тригонометрических сумм. Результаты этой работы он доложил на Пятом съезде физиков и в Физическом обществе им. П.Н. Лебедева. Это оказалось полезным и для анализа физиологических кривых.

Методы Бернштейна привлекают внимание специалистов различного профиля — и в Государственном институте электротехники, и в Ушной клинике II-го Московского государственного университета.

В различных видах труда возникает необходимость (а с новыми методиками и возможность) исследования движений человека. Бернштейна приглашают консультантом в учреждения, заинтересованные в изучении движений не только здорового, но и больного человека, — в психиатрическую клинику 2-го МГУ профессора Гиляровского, а также в неврологическую клинику I-го МГУ профессора Россолимо.

Разворачивается целый «фронт» исследований, объединенных общим замыслом — понять, как нервная система организует движения человека. Нарушения работы нервной системы оказались хорошей моделью для изучения этой организации.

Интенсивность и разносторонность исследований требовали широкого обсуждения их результатов. В 1921—1927 годах Бернштейн прочел 62 научных докладов в научных учреждениях и на съездах.

Бернштейн и Выготский

Работа в Институте психологии сблизила Николая Александровича со Львом Семеновичем Выготским. Выготский позже стал одним из крупнейших психологов XX века, а Бернштейн — одним из крупнейших физиологов. Но в те годы судьба свела двух малоизвестных молодых ученых, полных энергии и научных планов.

Бернштейн и Выготский — ровесники, оба родились в 1896 году. Лев Семенович Выготский круто «набирал высоту», как будто предчувствуя раннюю трагическую смерть. Уже в девятнадцатилетнем возрасте, увлекаясь литературой, он написал в городе Гомеле, где протекало его детство и отрочество, замечательное исследование о «Гамлете» Шекспира. В начале 1924 года Выготский переехал в Москву, где за десять лет совершил все то, что сделало его классиком психологии. В 1934 году туберкулез оборвал его жизнь на крутом взлете. Неоконченным осталось произведение, которое он считал главным в своем творчестве и которое условно называл «Спиноза». «Спинозе» предстояло еще несколько десятилетий пролежать в рукописи, прежде чем она была опубликована.

Николай Александрович Бернштейн «набирал высоту» медленнее. В начале своего пути он изучает ряд дисциплин, как будто далеких от его профессии, создает методики исследований движений человека. Поле его внимания — и гуманитарные, и естественные, и точные науки, и техника фотографического дела, и «рукотворные поделки», создание разных моделей. Он довольно часто меняет место работы, ее характер, на каждом месте научившись чему-то существенному, что потребует ему в дальнейшем — в 40-х, 50-х, первой половине 60-х годов, когда его творчество достигло апогея. Он живет как бы зная, что будущее у него есть, что надо готовиться к нему, «набирать силу», что на это отпущено время.

В 20-е годы Выготский и Бернштейн оба в Москве, оба работают в Институте психологии, основанном Г.И. Челпановым и с 1923 года возглавляемом К.Н. Корниловым. Выготский и Бернштейн встречаются в Институте психологии (где первый не только работал, но и жил некоторое время в маленькой комнатке в полуподвале) и в рабочей обстановке, и за шахматной доской. Интерес к работе группы Выготского очень велик у Бернштейна. Он высоко ценил Выготского, считал его человеком на грани гениальности. С юности увлекавшийся фото- и киноделом, Бернштейн помогал Выготскому в кинорегистрации некоторых исследований детей. Близким другом Бернштейна становится Александр Романович Лурия — ближайший соратник Выготского по Институту психологии. Дружба Бернштейна с Лурия сохранилась до конца жизни Николая Александровича. О характере отношений между Бернштейном, Выготским и Лурия в этот период дает представление написанное Бернштейном в 1924 году стихотворение «К предстоящему брудершафту Выготского и Лурия»:

«Вы» и «ты»
Вы-Готский, Лури-я, так было от рождения;
Но боги, сбудутся ль несмелые мечты?
В нас знания равны, подобны убеждения;
Воскликнем ли когда: «Ты-Готский!», «Лури-ты!»

Слова «подобны убеждения» в четверостишии Бернштейна не случайны, в них содержится даже пророческий смысл. Выготский умер от туберкулеза совсем молодым — в 1934 году. Бернштейн и Лурия прожили долго. И дальнейшая жизнь показала, как тесно соприкасаются их идеи и научные убеждения. Позже Александр Романович Лурия говорил мне, что ему посчастливилось в жизни близко знать трех гениальных людей. Эта тройка — Выготский, Бернштейн и кинорежиссер Сергей Эйзенштейн.

В это время в Институте психологии создается (и в 1927 году выходит в свет) «Практикум по экспериментальной психологии» под редакцией К.Н. Корнилова. Выготский и Бернштейн (наряду с В.А. Артемовым, Н.Ф. Добрыниным и А.Р. Лурия) являются авторами этого «Практикума». Выготским написаны главы «Центральный момент реакции (сложные реакции)», «Эффекторный момент реакции», «Ассоциации» (совместно с А.Р. Лурия). Бернштейн написал главы «Рецепторный момент реакции» и «Обработка результатов массовых психологических измерений».

Как высоко Бернштейн ценил Выготского, видно, в частности, из того, что он писал вскоре после его смерти:

«Хроногенность локализации, то есть разные локализационные соотношения одной и той же функции в разные периоды ее развития, очень выразительно иллюстрируются наблюдениями Выготского и глубоким найденным им законом развития и распада психических функций. Этот безвременно скончавшийся замечательный ученый установил, что очень сходная по симптомам картина мозгового заболевания может наблюдаться при одной локализации очага у ребенка и при совершенно другой — у взрослого». Далее Бернштейн приводит слова Выготского: «Наоборот, одинаково локализованные поражения могут привести у ребенка и у взрослого к совершенно различной симптоматической картине» (рукопись «Современные искания...», с. 316). Затем Бернштейн сопоставляет взгляды Выготского и немецкого психолога Курта Гольдштейна на оценку болезненной картины при очаговом поражении мозга.

Обсуждение хроногенности локализации в понимании Выготского Бернштейн приводит в книге «Современные искания в физиологии нервного процесса». Эта книга была написана примерно в 1935 году и до сих пор еще не издана. То, что некоторые важные работы Бернштейна десятилетиями не доходили до читателей, тоже роднит судьбу научного наследия его и Выготского и отражает сложность времени, в котором они жили.

Духовная близость, зародившаяся в 20-е годы между Выготским и Бернштейном, выявилась в дальнейшем во множестве точек соприкосновения между теорией психической деятельности, берущей начало в трудах Л.С. Выготского, и теорией физиологии активности, созданной Н.А. Бернштейном в последний период его творчества. Их роднит, прежде всего, преодоление представлений о характере причинной детерминированности поведения животных и человека. У них возникло представление о новом типе детерминизма — детерминизма по цели. Это очень ярко выразилось в работах Бернштейна, показавшего, что образ «потребного будущего» определяет реальные действия и состояние субъекта.

Важнейшим вкладом Выготского в психологию явилась культурно-историческая концепция психического развития человека, основы которой были разработаны в 1928—1931 годах. Принципиальное значение в этой концепции имеет понятие деятельнос-

ти. Уже в начале 1925 года Выготский серьезно обсуждал со своими сотрудниками содержание понятия деятельности. Психолог В.В. Давыдов пишет, что «понятие деятельности и понятие действия являются существенными основаниями всей научной школы Л. Выготского (Л. Выготский, А. Леонтьев, А. Лурия, А. Запорожец, Д. Эльконин, П. Гальперин и др.). Представители этой школы уже в 30-е годы начали подробно изучать жизненные функции деятельности и действия, их структуру, связь с психологией. Они выделили и описали такой важнейший их компонент, как «задачу», состоящую из «цели» и условий ее достижения»¹¹.

Эти направления работы психологической школы Выготского очень близки физиологическим исследованиям Бернштейна. В работах последнего при описании движений человека и животного важнейшую роль играют понятия цели, целеустремленности, достижения цели, действия, мотивации, активности. До Бернштейна подобные понятия не были объектом рассмотрения физиологии. Бернштейновское понятие «модели потребного будущего» вводит в нейрофизиологию представление о том, что в мозгу необходимо существование закодированной «модели», образа результата, к которому должно привести движение. Этот образ превосходит движение и направляет его — является причиной наступления адекватного действия. Бернштейн задает вопрос: «Правоммерно ли вообще экстраполировать понятие цели за пределы психологии — единственной области, где оно формулируемо с полной отчетливостью?»¹². Ответ на этот вопрос для Бернштейна безусловно положительный: «Цель... обуславливает процессы, которые следует объединить в понятие целеустремленности. Последняя включает в себя всю мотивацию борьбы организма за достижение цели и ведет к развитию и закреплению целесообразных механизмов ее реализации. А вся динамика целеустремленной борьбы посредством целесообразных механизмов и есть комплекс, который правильнее всего объединить термином активность»¹³.

¹¹ Давыдов В.В. Взаимосвязь идей научных школ Л.С. Выготского и Н.А. Бернштейна // Теория и практика физической культуры. 1996. № 11. С. 10—14.

¹² Бернштейн Н.А. Физиология движений и активность. М., 1990. С. 454.

¹³ Там же. С. 454—455.

На исследования Бернштейна опиралась школа Выготского и после смерти ее основателя (А. Лурия, А. Леонтьев, Д. Эльконин). Теория Бернштейна была для них психофизиологическим «фундаментом» при разработке общепсихологической теории деятельности.

Расширение фронта исследований

В мае 1927 года Бернштейна избирают по конкурсу на место заведующего лабораторией физиологии труда Государственного научного института охраны труда. По мере развития менялось ее название: лаборатория биофизики труда (с 1929 года), биомеханический кабинет (с 1931 года), биомеханическая лаборатория (с 1932 года).

Бернштейн разворачивает и усовершенствует свою методику циклограмметрии. Разрабатывает применение этой методики к различным производственным и клиническим целям (метод статической съемки, зеркальная съемка пространственных движений с номографической обработкой и др.), создает ряд других методов и приборов в области динамометрии (динамометр для оценки давления на спинку стула, циклодинамометр), вибрографии и т.д. Построены новые приборы для планиметрии и стереомикрометрии.

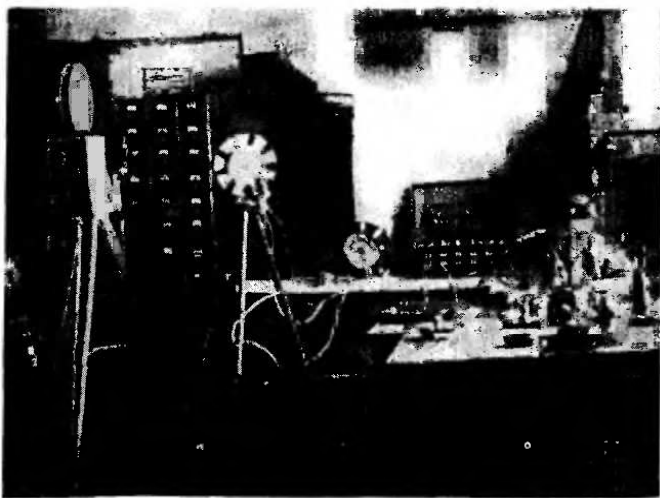
В планы лаборатории входит широкий круг вопросов. Обширное экспериментальное исследование биомеханики ходьбы (нормальной, грузной, утомленной) охватывает сотни опытов, в которых вместе с Бернштейном участвовали его сотрудники Т. Попова и П. Шпильберг. Под руководством Бернштейна доцент Н. Верещагин исследует мышечный тонус на живом человеке, а сотрудники лаборатории (З. Могилянская, И. Окунева, Л. Щеглова, Е. Штейнбах, О. Зальцгебер) проводят ряд исследований на производстве — анализ работы штамповщицы, изучение статических напряжений мышц при держании грузов и при различных рабочих позах.

Бернштейном разработан совершенно новый метод определения масс и положений центров тяжести звеньев тела на живом человеке. Проведено большое массовое исследование этим методом с целью установления корреляции между массами и центрами тяжести звеньев тела, с одной стороны, и, с другой — с данными

антропометрии в зависимости от возраста, пола и конституции. Эту работу вместе с Бернштейном вели О. Зальцгебер и Н. Гурвич.

Сотрудники лаборатории (А. Шевес, Н. Фейгин, В. Первовский) исследуют биодинамику фортепианного удара, координации и эволюции фортепианных движений под влиянием обучения.

Такой размах исследований требовал хорошего знакомства с работой лучших физиологических лабораторий мира. В 1929 году Бернштейн едет за границу на три месяца. В Париже он знакомится с работой Institut de Merrey, Institut de psychologie de la Sorbonne, Institut Pasteur — Laboratoire de psychotechnique (Lahy), Laboratoire de l'Hospital St. Anne. В Дортмунде он побывал в Kaiser-Wilhelm-Institut für Arbeitspsychologie; во Франкфурте он посетил лабораторию профессора Bethe и доктора Simonton; был и в лучших лабораториях Берлина. В Париже и в Дортмунде Бернштейн читал лекции (он владел восемью языками) с демонстрацией метода и аппаратуры по циклограмметрии.



Н.А. Бернштейн в кабинете биомеханики Института труда

В феврале 1932 года Бернштейна приглашают в качестве заведующего лабораторией биомеханики в Центральный институт труда инвалидов при Народном комиссариате социального обеспечения. Для этой лаборатории Бернштейн вместе с Ю. Дементьевым изобрел «замеленный кинопроектор». Вместе с сотрудницей лаборатории И. Соболевой Бернштейн изучает ходьбу на протезах инвалидов с ампутацией ноги.

Как видим, работа Бернштейна вовлекает новые лаборатории, исследования занято много людей, и все исследования идут в одном русле. В 1929 году Бернштейну присвоено звание приват-доцента по кафедре гигиены труда I-го Московского государственного университета.

Идеи Бернштейна находили применение во многих местах. И в каждом из них он осуществлял разработку своих научных целей — «нанизывал» частные исследования на один основной стержень.

В 1933 году Бернштейн организует во Всесоюзном институте экспериментальной медицины (ВИЭМ) лабораторию физиологии движений. Она была выделена из Отдела физиологии человека в самостоятельное отделение, подчиненное директору ВИЭМ (тогда директором был Л.Н. Федоров). В составе нового Отделения было две лаборатории — физиологии движения и патофизиологии движения. Бернштейн был назначен заведующим Отделением и по совместительству заведующим лабораторией патофизиологии движения. Лабораторию физиологии движения возглавила давняя сотрудница Бернштейна Татьяна Сергеевна Попова.

Работа Отделения физиологии движения, несмотря на то, что коллектив его был мал, шла очень интенсивно. Пройденный в науке путь может измеряться количеством отвергнутых рутин, оставленных позади неверных предположений и взглядов, всосанных «с млеком учебников». Уверенность в том, что пройденный путь правилен, позволяет смотреть дальше вперед.

Наука о движениях человека была еще очень молода: множество вопросов ждало своего экспериментального изучения. Движения естественно разделить на монотонно-повторяющиеся (ходьба, жевание и т.п.) и нециклические (письмо, большинство производственных движений, кроме самых примитивных, и т.д.). Ясно, что вторые и сложнее, и более значимы социально. Но

даже по первой группе, с которой начал работу коллектив лаборатории Бернштейна, исследования дали четкие материалы о том, что представляет собою двигательная структура акта ходьбы человека, и (впервые в научной литературе) данные о том, как развивается и строится акт ходьбы, какие центрально-нервные составляющие он содержит в себе и в какой части он унаследован человеком от его ближайших сородичей — млекопитающих. По отношению к нециклическим, в особенности к произвольным, кортикальным движениям, ни один из этих вопросов до Бернштейна не был освещен в науке. Даже по отношению к простейшим циклическим движениям не было сколько-нибудь веских данных о том, какова их зависимость от тех или иных проводящих путей или структур центральной нервной системы, в чем должны сказаться болезненные поражения этих путей и структур.



Н.А. Бернштейн (на переднем плане справа) в лаборатории во время циклосъемки. На заднем плане в затемненном помещении исследуемый человек с укрепленными на руке и голове лампочками

Поэтому Бернштейн начал работу лаборатории патофизиологии движений с простейшей задачи: на чистых клинических случаях определенных нервных заболеваний запротоколировать (весьма точными методами, которые имелись в лаборатории) все свойственные движениям таких больных отличия от средней здоровой нормы и найти среди этих отличий типичные, «патогноматичные» данному заболеванию. Изучив их на чистых случаях средней тяжести, нужно было уловить следы этих же типичных отличий и у легких больных на ранних этапах болезни. Это дало бы немедленно выход в широкую медицинскую практику: ведь ранняя диагностика — залог скорейшего и успешного излечения. Эту точку зрения Бернштейн высказывал уже в 1928 году в статье «Клинические пути современной биомеханики» (напечатанной в «Сборнике трудов Госинститута усовершенствования врачей им. В.И. Ленина в Казани», том I) и отстаивал в 1935 году в первом томе «Исследований по биодинамике локомоций».

Как ни трудно было в ВИЭМе, не имевшем тогда своих клиник, подбирать «чистые случаи», как ни велик был отсев среди обследованных больных, когда иной раз приходилось обследовать 10–15 больных с сухоткой спинного мозга, чтобы получить подходящие данные на одном-двух больных, — все-таки материал постепенно подбирался и накапливался. Но каждый новый больной приносил с собою новые неясности, загадки и противоречия. Бернштейн оставил легкие случаи и обратился к средним и тяжелым; но и это мало помогло. Быстрее, чем собирался экспериментальный материал, у Бернштейна выработалось убеждение, что он не так берется за дело, не так, как должно, расценивает понятия органических расстройств и болезненных единиц, неверно понимает проекции центральных поражений на движения. И Бернштейн остановил уже готовившийся к печати материал по патологии ходьбы и посвятил обоснованию этой остановки несколько самокритических страниц в сданном в печать втором томе, посвященном исследованию локомоций.

Почему же довольно большой ассортимент чистых случаев не дал достаточно четких и стойких патогномонических симптомов, на которые рассчитывали вначале? Причин здесь, видимо, несколько, и Бернштейн понимал, что они могут представить и общий теоретический интерес.

Прежде всего дело, конечно, в том, что организм не знает явлений чистого выпадения функций. Если выключается какой-либо орган или система, то немедленно возникают и отраженные явления нарушений («диашизы» — раскалывание), и обширные функциональные перестройки и компенсации. Поэтому наблюдаемая исследователем внешняя картина никогда не обусловлена одним только первоначальным фактом выпадения или локализованного расстройства, а всем комплексом реагирования организма на поражение, всей совокупностью причин, взаимодействующих в организме в данной фазе его существования. Наблюдаемое исследователем явление — не столько болезнь, сколько протест организма против болезни. У исследователей все более оформляются сомнения в правильности существовавшего разделения нозологических (болезненных) единиц. Эмпирика предыдущих поколений исследователей установила определенные типы и стандарты заболеваний; но ведь если шатается базис, на котором построена вся созданная прежде классификация, то ставится под вопрос и сама классификация. А если так, то найденный Бернштейном факт отсутствия стойкого параллелизма между классическими болезненными единицами и их двигательными проявлениями есть не поражение, а, наоборот, победа, обещающая большие перспективы. Это значит, прежде всего, что метод Бернштейна позволяет взглянуть на старые, привычные всем «болезни» с новых, может быть, очень неожиданных точек зрения.

Бернштейн считает, что нужно по-новому ставить вопрос и об обратной стороне медали патологии — о норме. Ясно ли, что такое норма? Есть ли это среднее статистическое понятие, или положительное биологическое нечто, или, наконец, норма есть только подпороговая, «сублиминальная патология»? Если сопоставлять наблюдаемые болезненные симптомы не со средней обезличенной нормой, а с нормой, прошедшей через определенный принципиально-обоснованный предварительный контроль, то эти симптомы могут осветиться с совершенно новой стороны и в свою очередь помочь освещению ряда общепатологических вопросов.

Ценность движений как объекта для изучения проявлений расстройств нервной системы и их динамики состоит главным образом в том, что двигательный аппарат гибок и разнообразен в

своих возможностях и в то же время очень тесно связан с центральной нервной системой. «Еще недостаточно оценен тот факт, что движение есть одна из очень немногих биологических переменных, к которым приложима не только оценка “больше-меньше”, а которые неистощимо богаты качественными характеристиками (как говорят математики — содержат чрезвычайно много параметров). Поэтому движения обещают стать, может быть и в ближайшем будущем, очень важными показателями функционального состояния организма, больного и здорового; и если сейчас делается ясным, что это должно произойти уже на новых основах классификации и понимания “болезненной единицы”, то это должно только сильнее стимулировать к дальнейшей работе и смыканию ее с основными теоретическими работами нашего института», — писал Бернштейн, отчитываясь о работе Отделения физиологии движения ВИЭМа.

Исследовательская работа Бернштейна опиралась на новую теоретическую концепцию, на новую сложную методику исследования, на сложную и трудоемкую обработку первичных данных экспериментов, в работе использовался сложный математический аппарат. Это вызывало непонимание, часто — раздражение, что отчетливо проявилось уже в период работы в ВИЭМе, а позже в различных формах сопровождало Бернштейна до конца его жизни.

В газете «ВИЭМ» появилась заметка «Осел, козел да косолапый мишка», а позже, 19 ноября 1936 года, в 26 (47) номере этой газеты была опубликована статья сотрудницы Отделения физиологии движения П.О. Шпильберг «О работе тов. Фарфеля в Отделении физиологии движения». Шпильберг плохо понимала суть исследований Бернштейна. В итоге из-под ее пера вышла лживая статья, обвинявшая руководство Отделения физиологии движения в том, что научные сотрудники ничего не видят в результатах обработки экспериментальных исследований. Свое личное «невидение» Шпильберг распространяла на всех сотрудников. Конфликт в лаборатории испортил немало крови Бернштейну. Ему пришлось писать объяснение, адресуя его руководству ВИЭМ, партийному руководству и газете «ВИЭМ». Для разбора конфликта была создана специальная комиссия в составе П.К. Анохина, К.М. Быкова, П.И. Лаврентьева и Н.В. Расвой.

Комиссия в своей работе не была объективной. Бернштейн болезненно воспринимал сложившуюся ситуацию.

Травля продолжалась в 1937 году и вызывала особые опасения в связи со сложностью общей обстановки в стране. В газете «ВИЭМ» № 11 (62) от 28 марта 1937 года помещена анонимная статья, на которую Бернштейн написал в дирекцию ВИЭМ подробное (10 страниц на машинке!) объяснение, раскрывая всю лживость обвинений. Это было очень тяжелое время в СССР, время жестоких сталинских репрессий, когда любое обвинение могло оказаться поводом для причисления человека к «врагителям» и «врагам народа», для ареста и расправы без правового суда и следствия. Среди арестованных были и сотрудники ВИЭМ. И автор анонимки понимал, конечно, под какой удар он подставляет Бернштейна. Таким приемом некоторые мерзавцы пользовались (и, увы, успешно!) для устранения конкурентов и научных оппонентов.

Ход мысли привел Бернштейна к необходимости исследования проблемы координации — преодоления избыточных степеней свободы. Он раскрывает сущность самого слова: «ко-ординация» намекает на совместность действий отдельных элементов. В статье «Проблема взаимоотношений координации и локализации», опубликованной в 1935 году он пишет: «Координация — есть деятельность, обеспечивающая движению его слитность и структурное единство... Она базируется на определенной организации совместного действия нейронов»¹⁴.

Так, начав с изучения биомеханики, Н.А. Бернштейн вскоре превратил биомеханику из объекта исследования в средство, в модель для решения более общих и широких вопросов построения управляющей деятельности мозга высокоорганизованных организмов и человека. Разработав методы точной оценки биомеханических характеристик разных двигательных актов, Н.А. Бернштейн использовал полученные результаты для оригинального анализа организации процессов управления в центральной нервной системе. Характер этой организации диктуется требованиями, налагаемыми структурой управляемого периферического объекта и характеристиками его деятельности. Такой

подход предопределил огромную роль дедукции, теоретического анализа в его творчестве и благодаря необычайной силе интеллекта Бернштейна привел уже в середине 30-х годов к формулированию исключительно глубоких принципиальных выводов о кардинальных особенностях процессов мозгового управления деятельностью, которые лишь спустя десятилетие возродились вновь в трудах создателей кибернетики. Да и в наше время многие идеи Бернштейна, высказанные им в середине 30-х годов, воспринимаются как программа действий, программа развертывания исследований.

Н.А. Бернштейн сформулировал важнейшее положение о том, что выработка навыка какого-либо движения состоит не в повторении одних и тех же команд, а в выработке умения каждый раз заново решать двигательную задачу (принцип «повторение без повторения» как принцип обучения). Большим достижением Бернштейна явилось установление им наличия однозначного результата движения рабочей точки в соответствии с «моделью потребного будущего» при неоднозначном пути достижения этого соответствия, неоднозначности эффекторных команд (в зависимости от условий). Стабильность высоко существенного (достижение результата действия) обеспечивается вариативностью мало существенного (способ достижения этого результата). Соответствие двигательной задачи и реального движения рабочей точки (она может располагаться на руке или на орудии труда) достигается поступлением информации об уже достигнутом и сопоставлением ее, сличением с моделью потребного будущего. В основу координирования двигательных актов положен принцип сенсорных коррекций. Этот принцип стал одним из важнейших в современных представлениях о регуляции поведения человека и животных. Предвосхитив основные принципы кибернетики, Н.А. Бернштейн уже в 1929 году, опираясь на идеи высоко им ценимых И.М. Сеченова и А.А. Ухтомского, развил принцип обратной связи и сенсорных коррекций, перейдя от классического представления о разомкнутой рефлекторной дуге к представлению о замкнутом контуре регулирования.

Мысли об участии центростремительной иннервации в регуляции деятельности мышц кратко высказывались еще Чарльзом Бллом и И.М. Сеченовым. Но экспериментально — применительно к организации движения — принцип циклического управ-

¹⁴ Архив биологических наук. Т. 38. Вып. 1.

ления на обратных связях, т.е. использование сигналов о достигнутом результате для достижения необходимого (потребного) результата, был сформулирован в 1929 году в одной из ранних работ Николая Александровича Бернштейна. Тридцатитрехлетний ученый писал:

«Каждый моторный импульс, приводя к двигательному эффекту на периферии, тем самым вызывает проприоцептивные, центrostremitельные иннервации, влияющие в свою очередь на дальнейшее протекание моторных импульсов. Таким образом здесь получается некоторая циклическая связь взаимной обусловленности, могущая быть количественно прослеженной до конца»¹⁵.

Н.А. Бернштейн сформулировал принцип «равной простоты»: «Для всякой структурной схемы, которая может выполнять множество различных элементарных процессов, принадлежащих к некоторому многообразию, линия равной простоты соответствует тем направлениям на многообразии, передвижение по которым не меняет ни структурных принципов, ни принципов функциональной схемы».

Целостность и структурная сложность живого движения, которая была подчеркнута И.М. Сеченовым и нашла отражение в принципе доминанты А.А. Ухтомского, стала объектом глубокого исследования Н.А. Бернштейна. Его взгляды, основанные на большом экспериментальном материале, были изложены в статье «Проблема взаимоотношений координации и локализации». Статья, опубликованная в 1935 году в журнале «Архив биологических наук», сейчас стала уже классической. Эта статья подводит итог первого периода научных исследований Н.А. Бернштейна.

Революционно новым (и, увы, плохо понятым современниками) в этой статье было утверждение, что если приспособительная реакция организма формируется в процессе своего непрерывного сенсорного корригирования, то в центральной нервной системе неизбежно должно существовать в какой-то закодированной форме предвосхищение требуемого конечного результата действия — «модель потребного будущего», как ее назвал Н.А. Бернштейн. Основную мысль этой статьи можно сформулировать так: «На основе циклографического анализа тонких осо-

¹⁵ Бернштейн Н.А. Клинические пути современной биомеханики // Сборник трудов Государственного института для усовершенствования врачей им. В.И. Ленина. Казань, 1929. Т. 1. С. 249—270.

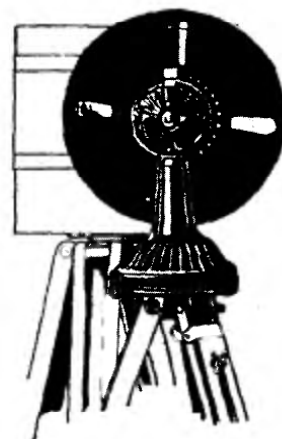
бенностей моторики было установлено, что даже самая простая двигательная реакция не вызывается какой-то заранее фиксируемой «преформированной» совокупностью возбуждений, что она, напротив, формируется импульсами, которые определяются лишь по ходу становления реакции, и зависит:

А) от информации, приносимой по афферентам, о ситуации на данный микроинтервал времени на двигательной периферии;

Б) от степени расхождения (т.е. от того, что **теперь** стало широко обозначаться в физиологической литературе как «рас-согласование» между этой ситуацией и задачей движения). Формирование двигательной реакции происходит, таким образом, в процессе ее непрерывного сенсорного корригирования, непрерывной, все более точной подгонки под требуемое конечное выражение»¹⁶.

Координация — деятельность, обеспечивающая движению его целостность и структурное единство — базируется главным образом не на особенностях процессов в одиночных нейронах, а на определенной **организации** совместного действия последних. Организация же не может не быть отражена в анатомическом плане в виде определенной **локализации**. Но, подчеркивает Н.А. Бернштейн, не следует смешивать локализацию с топикой — четким указанием на определенный пункт в мозге.

В статье 1935 года уже сформулированы идеи сенсорных кор-рекций (обратной связи) и рефлекторного кольца, сменившие традиционное представление о разомкнутой рефлекторной дуге,



Диск с прорезями (обтюратор), установленный перед объективом фотоаппарата. Через прорези вращающегося обтюратора производится цикло съемка лампочек, установленных на определенных точках тела движущегося человека

¹⁶ Бассин Ф.В. О подлинном значении нейрофизиологических концепций Н.А. Бернштейна // Вопросы философии. 1967. № 11.

предвосхитившие появление кибернетики. Бернштейном проложен путь от Сеченовского «контроля движений чувством» к кибернетике.

Большой заслугой Н.А. Бернштейна является установление того, что движение направляется «моделью потребного будущего». Им было показано, с помощью каких средств двигательная задача реализуется в виде необходимого периферического результата. Соответствие двигательной задачи и реального движения рабочей точки при неоднозначности пути достижения этого соответствия, вариабельности условий реализации, непредвиденных помехах достигается поступлением информации об уже достигнутом и сопоставлением этой информации с моделью потребного будущего. В основу координирования двигательных актов Бернштейн положил принцип сенсорных коррекций, получивший признание в физиологии движений.

Н.А. Бернштейн одним из первых начал рассматривать управление движением как реализацию некоторой программы, хранящейся в центральной нервной системе в закодированном виде. Органическая слитность движений, их целостность в пространственно-временной реализации — веский аргумент наличия в центральной нервной системе «точных формул движений или энграмм последних». И далее Бернштейн продолжает: «Мы можем утверждать, что в тот момент, когда движение началось, в центральной нервной системе имеется в наличии уже вся совокупность энграмм, необходимых для доведения этого движения до конца. Существование таких энграмм доказывается, впрочем, уже самим фактом существования двигательных навыков и автоматизированных движений»¹⁷.

Среди новых течений, привнесенных в конце XIX века Сеченовым в понимание работы нервной системы, была также его борьба против «анатомического начала» и узкого локализационизма. В предисловии к лекциям по физиологии нервных центров, прочитанным Сеченовым для врачей в 1889—1890 годах, он писал, что хочет прежде всего «ввести в описание центральных нервных явлений физиологическую систему на место господ-

¹⁷ Бернштейн Н.А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности. С. 62.

ствующей по сие время анатомической, то есть поставить на первый план не форму, а деятельность, не топографическую особенность органов, а сочетание центральных процессов в естественные группы»¹⁸.

Это направление сеченовской мысли получило блестящее развитие в исследованиях Н.А. Бернштейна, завершающих первый период его творчества.

Наука и досуг

В 20-е годы молодые ученые широко общались не только «на научной почве», но и на отдыхе. Часто встречались в доме отдыха в Узком под Москвой. Середина 20-х годов оказалась очень коротким периодом, когда молодое поколение ученых, писателей,



Николай Александрович на отдыхе, в лодке

¹⁸ Сеченов И.М. Физиология нервных центров // Избранные произведения. Т. 2. М., 1956. С. 662.

художников было охвачено чувством светлых надежд на будущее, испытывало душевный подъем, радость творчества. Общение в часы отдыха было наполнено смехом, игрой, шутками, розыгрышами. Это было характерной чертой молодой части научной и художественной интеллигенции и Москвы и Ленинграда. Они спешили надыхаться свободой, словно в предчувствии будущих бедствий и террора тридцатых годов.

В Ленинграде круг талантливой молодежи сложился вокруг Михаила Михайловича Бахтина. Участниками встреч были очень яркие люди — пианистка Мария Вениаминовна Юдина, музыковед Иван Иванович Соллертинский, поэт Николай Алексеевич Клюев, философ и литературовед Лев Васильевич Пумпянский. Их дружеские веселые встречи и более серьезный «кантовский семинар» прекратились в 1929 году после ареста Бахтина.

В подмосковном Узком встречались на отдыхе молодые ученые Москвы. Нередко отдыхал там и Николай Александрович Бернштейн. Шутки, стихи, игра в бильярд перемежались с научными обсуждениями. Нередко задавал тон Петр Петрович Лазарев — яркий биофизик, но в той обстановке — душа веселого отдыха. Его называли (сократив его имя и отчество) «Пи-Пи». В декабре 1922 года Бернштейн написал шуточное стихотворение, характеризующее обстановку отдыха в Узком после напряженной научной работы. Он озаглавил это стихотворение «Из Фета». Вот оно:

Стук шаров, пустые лузы,
Рваное сукно,
В нишах гипсовые музы,
В полверсты окно...
Песни, вопли лицедеев,
Люстра на цепи,
И Степун, и Алексеев,
И Пи-Пи, Пи-Пи!...

В этой компании отдыхал и Григорий Самуилович Ландсберг — молодой физик. В Узком Бернштейн вместе с Ландсбергом — врач и физик — написали шуточный диалог медика и физика, пародируя разговор двух античных философов.

Разговор двух античных философов
об изящном в медицине и в физике
(Подражание Козьме Пруткову)

Медик: Да, я люблю среди лавров и роз
Смутных сатиров затей!

Физик: Да, я люблю и Лесбос и Парос!

Медик: Да, я люблю Пропилеи.

Физик: Да, я люблю, чтоб великий Степун
В душу вдыхал мне свой пламень!

Медик: Радость во мне пробуждают колтун,
В почках увесистый камень!

Физик: Любо мне зреть электронный поток,
Мчащийся в лампах катодных!

Медик: У павиана — Боталлов проток!

Физик: Вспышки в солях синеродных!
Атомы Бора!

Медик: Арсенобензол!

Физик: Рентгена луч непокорный!

Медик: Шприцем в живот беспощадный укол,
Люэс третичный, упорный!

Физик: Радостно я разрушаю азот!

Медик: Любы мне тиф и холера,
В банке со спиртом безмозглый урод!

Физик: Правило пальцев Ампера!

Медик: Курице голову срезать вот так!

Физик: Этак константу измерить!

Медик: Сделать вот этак разрез у собак!

Физик: Так Резерфорда проверить!

Медик: Свинок морских истязать я люблю!

Физик: Чту парадоксы Эйнштейна!

Медик: Рву гипофиз!

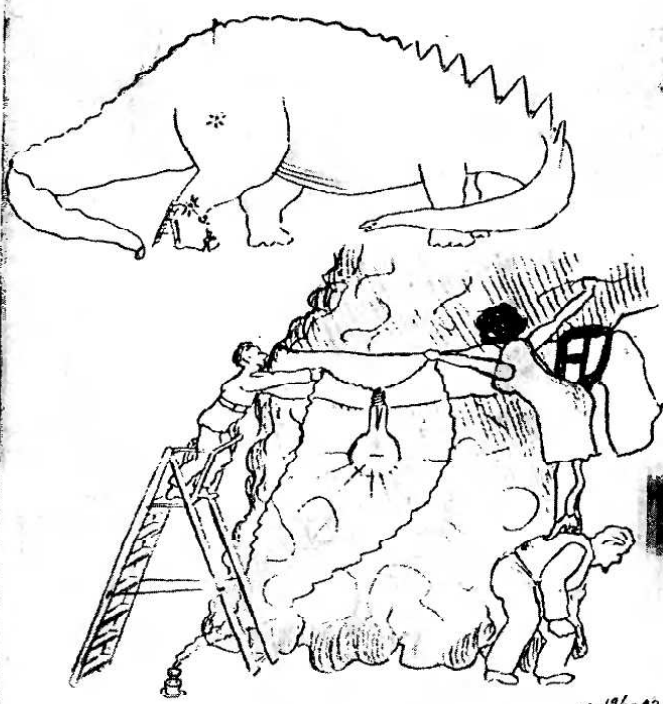
Физик: Я ж охотно терплю
Лысину Коган-Бернштейна!

Медик: Нравится мне, как ликующий май,
Сап в сочетании с тиком!

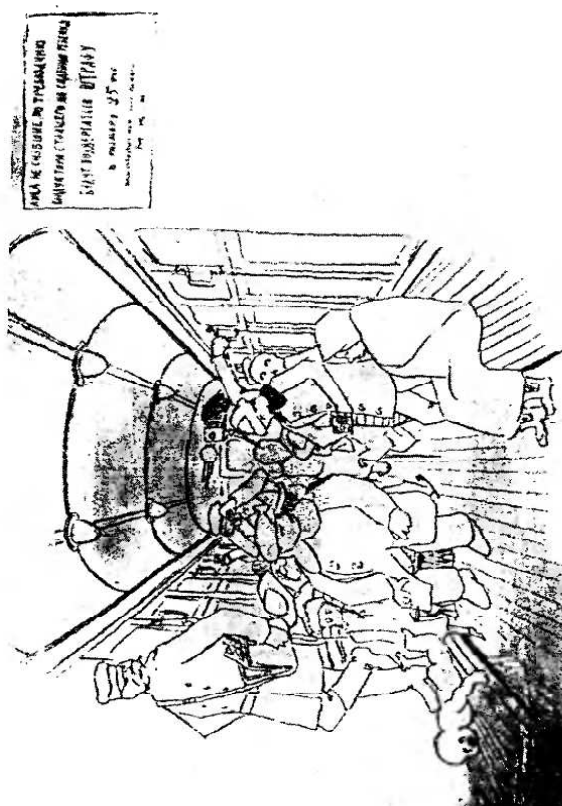
Физик: Вместо занятий моих в Нерыдай
Еду с лоснящимся ликом!

(Окидывают друг друга презрительными
взглядами и расходятся)

ЦИКЛОГРАФИЯ
ГИГАНТОЗАВРА.



Шуточный рисунок Н.А. Бернштейна (1927 г.).
Подготовка к циклографии... гигантозавра. Установка лампочек
на задней ноге гигантозавра. Наверху — общий вид. Внизу — де-
тали: встав на спину Николая Александровича, Татьяна Серге-
евна Попова укрепляет лампочку на задней ноге гигантозавра



Шуточный рисунок Н.А. Бернштейна, обыгрывающего увиденное им объявление
«Лица не снявшие по требованию кондуктора стоящего на сидении ребенка бу-
дут подвергнуты штрафу в размере 25 руб.» без знаков препинания. Кондуктор
стоит на сидении ребенка, а пассажиры снимают его разными фотоаппаратами

Это было написано в декабре 1922 года — за четыре года до того, как Ландсберг впервые исследовал молекулярную дисперсию света в кристаллах. А еще через два года Ландсберг вместе с Л.И. Мандельштамом открыл (независимо от индийского физика Рамана) эффект, названный именами этих трех ученых и принесший им мировую известность. Позже Ландсберг и Бернштейн за свои научные исследования стали лауреатами Сталинской премии (в то время высшей награды в СССР за успехи в области науки и искусства) — Ландсберг в 1941 году, Бернштейн в 1948.

Но в обстановку их отдыха в двадцатые годы врываются неспокойные звуки. Тревожные политические события захватывают и членов компании, окружающей Бернштейна.

1925 год. В борьбе за неограниченную власть Сталин после смерти Ленина берет курс на устранение Троцкого. Обоснованные и необоснованные обвинения в сочувствии Троцкому оказываются очень опасными для многих. И нередко друзья подзреваемых людей стараются спасти их, убрав из поля зрения «всевидящего ока» преследователя. Отражение этого находим и в записях Бернштейна, сделанных им в феврале 1925 года:

Отто Шмидт
«Отто Шмидт, обвиненный
в троцкизме, назначается
полпредом в Аргентину».
«Л.Д. Троцкий, находящийся не
у дел уже более года, отдыхает
в настоящее время на одном
из кавказских курортов».
Не из газет.
Буэнос-Айрес значит по-испански
«хороший воздух».

Вянет лист, проходят зимы,
Иней серебрится;
Отто Шмидт из Аргентины
Хочет воротиться.
Пишет Шмидту деликатно
Деятель партийный:
«Отто Шмидт, что там неладно

С Вашей Аргентиной?»
«Нет, мой друг, Вам нужен роздых
И прибавка в весе;
Отто Шмидт, хороший воздух
В Буэнос-Айресе!»
«В АВС Вас мило примут,
Там для Вас полезней:
Чудно лечит южный климат
От иных болезней!»

(Примечание Бернштейна: АВС — Южно-Американский
Союз: Аргентина, Бразилия, Чили.)

Первая встреча

В апреле 1924 года Николай Александрович был командирован в Ленинград для ознакомления с работами физиологических лабораторий И.П. Павлова и Института В.М. Бехтерева. Он тщательно вникал в проблематику и методы работы этих коллективов, посещал лекции об условных рефлексах.

Уже тогда Бернштейн понял, что выводы теории условных рефлексов не могут быть перенесены на трудовые движения человека. Эта мысль отчетливо прозвучала в докладе «Трудовые тренировки и условные рефлексы», сделанном Бернштейном на семинаре в ЦИТе 9 мая 1924 года. При изучении условных рефлексов в школе Павлова подопытное животное фиксировалось в станке, изолировалось от внешнего мира («башня молчания» в Колтушах), оказывалось в искусственных условиях. Естественные же движения человека (в том числе и трудовые) являются целенаправленными: их ведет активно поставленная самим человеком цель, а не внешний стимул. Бернштейн считал, что «если крайне несложная деятельность слюнной железы позволила использовать ее с успехом для анализа бесконечно богатого материала по высшей нервной деятельности животных, то... моторика человека может и должна оказаться превосходным, многообещающим индикатором для изучения процессов в центральной нервной системе»¹.

¹ Н.А. Бернштейн // Конради Г.П. и др. Основы общей физиологии труда. 1934. С. 449.

Уже в исследовании удара молотком по зубилу Бернштейн показал, что траектория движений весьма вариативна, что точное достижение конечной цели осуществляется каждый раз по-новому. В опытах же с условными рефлексами у животных реакция всегда одинакова. «Повторение без повторения» — существенный момент в целенаправленных движениях человека — плохо вписывается в систему представлений Павлова об условных рефлексах. В активных движениях — понял Бернштейн — есть параметры, существенные для выполнения двигательной задачи и достижения цели и несущественные. По отношению к несущественным параметрам движение может быть вариативным. При каждом повторении движения не воспроизводится одно и то же готовое решение, а осуществляется сам процесс решения в меняющихся условиях, осуществляется построение движений, а не воспроизведение его. Двигательное поведение, по Бернштейну, не складывается из рефлексов, как из кирпичиков. Рефлекс — это не элемент действия, а элементарное действие. Целенаправленное активное действие направлено на преобразование чего-то в окружающей организм ситуации в соответствии с поставленной индивидом целью.

Но эти идеи созревали постепенно. В середине 20-х годов Николай Александрович еще отводил рефлексу значительное место в организации работы нервной системы. Так, однажды в начале 1926 года его знакомый (Ю. Немлихер) написал Бернштейну шуточное стихотворение, в котором были такие слова:

«Рефлексы — это вздор, и
Павлов — обезьяна,
Но человеческой масти;
Но если страсть — рефлекс,
Тогда не нужно страсти».



Н.А. Бернштейн в лаборатории прослушивает мышечные шумы

Бернштейн ответил ему тоже стихотворением — и **весьма** гневным:

Нет, дорогой поэт, рефлексы — не пустяк;
Извечную причинность карауля,
О, Юра Немлихер, рефлексы — это стяг,
Иль пуля.
Пусть все в рефлексах вздор, пускай подьемлет вой
Вся скотина;
В них истинно одно: их лозунг боевой —
Причина.
Пускай я Павлову не верю ни на грош,
Пусть «торможенис» — лишь детская догадка,
Пусть в человеке все, куда ни повернешь,
Загадка;
Пускай неясно все, куда ни погляжу,
Пускай беспомощен и человек сам;
Но бредни о душе и воле я пронжу
Рефлексом.
Мне ведомо одно: как мифы о судьбе,
Так неприемлем мне бред о свободе воли:
Тебе жизнь скажет «а», — ты ей ответишь «бе» —
Не боле.
Пусть обезьяна Павлов — ну, так что ж?
И твой был, Юра, прадед — обезьяна;
Да разве нет в любой из человеческих рож
Изьяна?
Ведь обезьяною, не Фебом был Сократ;
Лоб Дарвина ценней изящных лбов из меди;
Нагая мысль ведет, сняв вымысла наряд,
К победе.
Закон причинности — наш бог и господин;
Нам знамя — не Бергсон, а Сеченов и Флексиг;
Всех ложных выдумок дороже нам один
Рефлексик!

1926. Март.

Итоги первого периода творчества Бернштейна

30-е годы. Бернштейн погружен в изучение литературы в области физиологии нервной системы, психологии, клиники нервных заболеваний. Читает на русском, немецком, английском, французском языках. И перед его мысленным взором возникает широкое полотно представлений человечества о работе нервной системы. Знаний и незнаний, светлых и темных мест, предположений и загадок, сомнений и осознанных неясностей, противоречий и загадок. К середине 30-х годов все прочитанное и обдуманное ложится на бумагу. На титульном листе толстой рукописи написано:

Проф. Н. Бернштейн,
доктор медиц. наук.
**СОВРЕМЕННЫЕ ИСКАНИЯ
В ФИЗИОЛОГИИ
НЕРВНОГО ПРОЦЕССА**

Эта книга — обзор состояния науки о нервной системе к 30-м годам XX столетия и истории науки, приведшей к этому состоянию. Но это не сухой перечень исследователей и того, к чему пришел каждый из них. Это не просто книга о физиологии нервного процесса, это книга Бернштейна. Все содержание книги ярко окрашено личным отношением к тому, что описано, освещено с его точки зрения. Здесь еще нет результатов того, что позже стало исследованиями Бернштейна, однако обрисовано состояние нейрофизиологии, которое им предшествовало, т.е. «стартовая площадка», с которой начался «взлет» его собственных исследований, составивших эпоху в науке о нервной системе.

Подробное изложение истории «физиологии нервного процесса» Бернштейн предваряет общими соображениями о судьбах знаний человека о мире, в котором он живет. Вступление к книге, озаглавленное «О динамичности научных воззрений», начинается словами о том, что всякая наука в своем развитии переживает смену взглядов, теорий и мировоззрений; что ни одна теория не может быть вечной. «В недавнее время, — пишет Бернштейн, — физика пережила крушение одной из самых величавых и, как казалось, незыблемых теорий — Ньютоновой механики».

Каждая теория проходит в своей жизни через три возраста.

В молодости теория объединяет и подытоживает факты, накопленные к моменту ее рождения. Она создает логический порядок в хаосе этих фактов, как бы ферментирует его, подобно тому, как это делают с пищевой массой ферменты пищеварительного аппарата, и этим способствует его усвояемости нашими органами мысли.

Зрелость теории — это возраст предвидений и предсказаний. Зрелая теория предусматривает факты, еще не открытые прямым наблюдением, выводя их как прямые логические следствия из основной концепции и направляя этим дальнейший ход экспериментальных исканий.

За зрелостью приходит неизбежная старость. Она начинается с того момента, когда появляется первый факт, не укладывающийся в теорию. Такой факт редко убивает теорию сразу. Большею частью он сперва либо оспаривается, либо вовсе не замечается — так сильна в эту пору инерция доктринальной мысли. Нередко бывает, что уже после того, как новая теория окончательно победит устаревшую доктрину, авторы переворота с удивлением обнаруживают в старой литературе многих и многих предшественников своих взглядов, многие опыты, опубликованные десятки лет назад и, казалось бы, совершенно роковые для старой теории. Теория, однако же, прошла мимо них, совершенно не ощутив всей их вирулентности. Если же новый факт так могуч и ярок, что ни отвергать, ни игнорировать его нельзя, то начинается осторожная и скупая перестройка старого учения. Непрошенному пришельцу надстраивается где-нибудь под крышей светелка. Пусть она даже совершенно обезображивает всю архитектурную концепцию здания, однако никогда не случается, чтобы сразу был предпочтен другой путь — путь полной смены обветшавшей постройки. Такие старые здания, со всех сторон обросшие светелками, живут иной раз десятилетиями, пока не рухнут, наконец, под напором нового поколения фактов — приходит смерть теории.

Бернштейн приводит примеры из истории науки, иллюстрирующие правильность высказанной им мысли. Торжеству теории относительности в физике предшествовали «надстройки» в виде теорий Лоренца и гипотезы Фитц-Джеральда. Резонансная теория слуха Гельмгольца гибнет под тяжестью добавок к ней Эвальда,

Ревесса, Келера, Уивера и Брея и т.д. После торжества теории хронаксии над старым принципом Дюбуа-Реймона создатели новой теории Ляпик и Вайс убедились, что имели целую плеяду предшественников в лице таких светил физиологии, как Фикк, Брюкке, Энгельман, д'Арсонваль, Введенский.

В связи с таким взглядом на динамику научных воззрений Бернштейн приводит слова французского физиолога Луи Ляпики:

«Эволюционировать — значит меняться. Мы должны склонить наш ум к принятию этих изменений. Это довольно тягостно для человеческой природы, которая сживается с догмами и рутинами и хотела бы вечных истин. Вульгарное мышление требует от науки утверждений без оговорок; оно принимает полностью всякую теорию, и когда теория меняется, оно кричит о бренности науки. Научный дух, наоборот, состоит из убеждения, что наши теории не могут быть иначе, чем только частично верными, и что, следовательно, они и частично ложны».

«Дух науки требует, чтобы мы примирились с этой относительностью знаний, — не только с относительностью в смысле, придаваемом этому слову философами, но и с относительностью в смысле мимолетности момента, то есть хрупкостью, временным расположением, привалом перед тревогой, откуда звук трубы непредвиденного открытия как-нибудь утром снимет нас, чтобы перевести на более передовую позицию».

«При преобразованиях науки, в переходные периоды она размещается кое-как между развалинами предшествующей теории и неоконченными стенами той, которая сооружается вновь. И может быть, тяжелее разрушать развалины, чем воздвигать новые стены».

Написание книги «Современные искания в физиологии нервного процесса» было для Бернштейна таким «привалом перед тревогой». Он как бы осматривал, изучал ту «стартовую площадку», с которой надо начать новый взлет. Целью автора при работе над этой книгой было «обрисовать хотя бы сложность, спорность воззрений и динамичность современной борьбы мыслей на этом фронте».

Одним из главных вопросов, вокруг которых борьба различных точек зрения оказалась особенно острой и динамичной, является вопрос о мозговых центрах и их локализации.

В главе «Центр и локализация. Исторический очерк» ярко нарисована история вопроса о взаимоотношении топики и функции.

С одной стороны, в XVIII веке появилась новая натуралистическая теория мозга Галлера. Он определил мозг как «общее чувствительное» (*sensorium commune*). Галлер считал, что в мозгу нет четко пространственно ограниченных центров отдельных функций (зрения, слуха и др.), а они диффузно распределены на преобладающей части мозга.

С другой стороны, появились частично научные (анатомические), а частично фантастические (френология) представления Галля, утверждавшего, что каждая функция имеет свою четкую локализацию в мозгу. Локализованными представлялись не только «простые» функции, но и чувство места, чувство речи, чувство цвета, инстинкты размножения и самосохранения, поэтические и математические таланты, и даже едкость ума, почтительность, деотлюбие, богобоязненность и т.д.

Н.А. Бернштейн прослеживает историю антилокализационизма и локализационизма — двух течений, берущих истоки от Галлера и Галля, — историю, которую он сравнивает с качаниями маятника от одного полюса к другому.

После Галля маятник качнулся в другую сторону — к антилокализационизму. Маятник был не столько притянут сторонниками последнего, а, скорее, оттолкнут Галлем — фантастичностью и необоснованностью его взглядов. Удаляя у птиц мозговые полушария — постепенно, по слоям, — Флуранс вначале вообще не обнаруживал существенных расстройств в умственной или волевой области. Удаление же большей части вещества полушарий приводило к равномерному и все большему снижению нервно-психических возможностей. Функции, пострадавшие при экстирпации, постепенно восстанавливались, если хоть одна часть головного мозга (и несущественно — какая) оставалась неповрежденной. Отсюда и вывод Флуранса, что «масса мозговых полушарий физиологически столь же равноценна и однородна, как масса какой-нибудь железы».

Но дальнейшее накопление фактов вновь толкнуло маятник обратно — к локализационизму. Раздражая кору головного мозга электрическим током, Фритш и Гитциг установили, что раздражению отдельных участков коры мозга соответствуют определенные изолированные движения. Росло число исследователей — и экспериментаторов, и клиницистов, — росло и число открытых нервных центров.

Центров становилось все больше, их размеры все меньше, появилось представление, что каждая нервная клетка есть элементарный центр, «нервная клетка была припечатана названием центра» (Бэте).

Но что же «локализуется» в центре? Одно направление признавало, что локализуется чувствительность (теория сенсорных центров). Мунк, Мейнерт, Павлов видели в коре скопление чувствительных центров.

Другое направление, начатое работами Флексига, признавало наличие не только сенсорных центров, но и центров, не связанных прямо с периферией (теория ассоциативных центров — Бродбент, Флексиг, Корсаков).

Н.А. Бернштейн подчеркивает, что бесспорный приоритет в области физиологического ассоциационизма принадлежит И.М. Сеченову — первому из физиологов, отважившихся опереться на законы ассоциации (связи между отдельными представлениями) для физиологического объяснения поведения человека.

Однако исследования с экстирпацией (удалением) локальных участков мозга вновь толкнули маятник в сторону антилокализационизма. Опыты Гольтца показали, что на локальное поражение организм реагирует как целостная и не делимая на составные части система. После тяжелых общих явлений, непосредственно следовавших за мозговой операцией (первичный шок), на первый план начинают выступать нарушения, охватывающие одновременно разнообразные функции — и движения, и чувствительность, и проявления высшей нервной деятельности. Эти нарушения в дальнейшем ослабевают и могут (при не слишком обширной экстирпации) исчезнуть бесследно. При экстирпации всей коры мозга остаются нарушения, носящие не ограниченно-функциональный, а синтетический характер.

Н.А. Бернштейн подчеркивает, что Сеченов ясно сознавал, какой сложный комплекс процессов возникает в организме при нарушении целостности коры мозговых полушарий. Это проявляется и в характере нарушений после экстирпации, и в характере восстановления функций в последующий период. К выводам Флуранса, работавшего только на птицах, Сеченов в «Физиологии нервных центров» добавляет: «самый произвольный характер движений и осмысленность чувствования страдают с удалением

полушарий тем менее, чем ниже животное по степени развития полушарий».

Сеченову была ясна сложность вопроса о локализации функций. И локализационисты, и их научные противники приводили факты и доводы в пользу своей правоты, но не могли опровергнуть факты и доводы другой стороны.

К решению проблемы локализации функций в мозгу Бернштейна подвели его экспериментальные исследования по биодинамике, интенсивно проводившиеся в 20-х и первой половине 30-х годов.

Классическая досеченовская физиология исследовала движения на нервно-мышечном препарате, на обезглавленной лягушке, на наркотизированном животном — в условиях, весьма далеких от тех, в которых совершаются реальные движения, на вырванном из среды живом организме. В анатомии попытку прорваться к реальной жизни сделал П.Ф. Лесгафт (динамическая анатомия). И.М. Сеченов пишет полный наблюдательности и остроумия «Очерк рабочих движений человека».

Перемещение интересов от лабораторных исследований изолированных рефлексов на трудовые движения человека весьма знаменательно и продиктовано жизнью, ее социальными запросами, к которым был так чуток Иван Михайлович Сеченов. Но для изучения движений человека и их локализации в реальных условиях требовалась методика, которой Сеченов не располагал. Такая методика была разработана Н.А. Бернштейном в 20-х годах. Это — кимоциклография и циклограмметрия, т.е. не только запись движения («графия»), но и его измерение («метрия»). И Бернштейн направил свои усилия на изучение и облегчение физического труда людей. (Подробнее об этом уже было рассказано выше.)

Представшее его взору море фактов требовало нового осмысления. Из этих потребностей и возникла физиология активности Николая Александровича Бернштейна. И сеченовская «жилка» в творчестве Бернштейна — не только в идее саморегуляции, в идее о роли «мышечного чувства» в регуляции движений, в идее о сигнальной роли чувствования. Сеченовское влияние ощущается во всем стиле, во всем духе жизни и творчества Н.А. Бернштейна: смелость и самобытность мысли, честность и самоотверженность, неуклонное проведение того, что представляется истинным, «оби-

ды не страшась, не требуя венца, хвалу и клевету приемля равнодушно» (хотя это на самом деле не равнодушие, а мужество).

1935 год можно считать годом окончания первого периода творчества Н.А. Бернштейна и началом второго. Большая и глубокая статья «Проблема взаимоотношений координации и локализации» явилась прекрасным подведением итогов этого периода. А присуждение Николаю Александровичу в 1935 году ученой степени доктора медицинских наук по совокупности работ было как бы официальным (формальным) признанием большой научной значимости проведенных им к этому времени исследований.

Но вернемся к книге «Современные искания в физиологии нервного процесса».

Клинические наблюдения над больными, перенесшими локальные повреждения мозга, и лабораторные исследования животных приносили все новые и новые данные в пользу существования в коре головного мозга специфических нервных центров. В 1877 и 1878 годах Мунк (H. Munk) опубликовал доказательства существования в коре мозговых полушарий зрительного и обонятельного центров. В 1875 году Феррье (D. Ferrier) в опытах на обезьянах установил наличие в коре слухового центра — экспериментальное разрушение височных извилин мозга приводило к глухоте животных. Врач-психиатр Вернике (C. Wernicke) в 1874 году описал афазию: поражение болезнью верхних извилин левой височной области мозга человека приводит к «словесной глухоте» — утере понимания слышимых слов при неповрежденном слухе. Так был открыт и локализован словесный слуховой центр у человека; он и вошел в науку как «центр Вернике». Число описываемых нервных центров быстро росло. Вся наружную поверхность мозговых полушарий (кроме «центра зрения» в затылочной доле мозга и «центра слуха» в височной доле) Мунк рассматривал как область центра осязательной и общей чувствительности. Двигательные расстройства при поражении этих участков коры мозга Мунк объяснял тем, что утрачиваются осязание (кожная чувствительность) и представления о положении членов тела в пространстве; в результате этого уже вторично нарушаются произвольные движения. И.П. Павлов в 1912 году, на основании опытов с условными рефлексами, решительно склоняется на сторону Мунка,

обозначая проекцию тела на кору как «двигательный анализатор», т.е. скопление чувствительных клеток. По его объяснению, здесь находятся «мозговые концы центростремительных нервов, идущих от двигательного аппарата».

Карта мозговой коры заполнялась множеством возбудимых центров, число которых уже достигало нескольких сотен и продолжало расти. Карта центров на поверхности коры детализировалась и заполнялась подобно тому, как к концу XIX века заполнялась географическая карта дотоле загадочной Африки. Параллельно с этим анатомические исследования приводили к выводу, что каждое нервное волокно, идущее от периферии тела к коре мозга, соединено в коре с определенной нервной клеткой. Все это наводило на мысль, что нервная клетка есть **элементарный нервный центр**, функциональный атом мозговой коры. И.П. Павлов считал, что каждому элементу рецепторного аппарата отвечает свое афферентное (т.е. центростремительное, идущее от периферии к центру) нервное волокно и своя нервная клетка в коре полушарий.

Так формировалось одно из направлений во взглядах ученых на работу нервной системы. Это направление, поддержанное Мейнертом (Th. Meynert), Мунком, Павловым, можно обозначить как теорию **сенсорных (чувствительных) центров**. Бернштейн глубоко анализирует эту теорию.

Павлов в «Лекциях о работе больших полушарий» четко формулирует свои представления. «Пункты кожи, конечно, представляют проекцию соответствующих пунктов коры больших полушарий». «Каждому элементу рецепторного аппарата отвечает свое афферентное нервное волокно и своя нервная клетка в коре полушарий, а каждой большей или меньшей группе их свои группы волокон и клеток».

Представители теории сенсорных центров считали, что вся кора полушарий мозга занята только проекцией периферических чувствительных аппаратов — кожи, сетчатки глаза и т.д. Высшие психические функции, по их взглядам, нельзя локализовать ни в каких определенных пунктах мозга. Разум локализуется по всей коре головного мозга. Интеллект, по Мунку, есть результат взаимодействия всех чувствительных сфер.

Павлов пишет в «Лекциях о работе больших полушарий»: «Кора полушарий должна представлять собою грандиозную мо-

заику, грандиозную сигнализационную доску». Каждому сигналу, пришедшему с периферии, соответствует своя воспринимающая клетка в коре мозга. Развивая такое представление о работе мозга, Павлов идет значительно дальше своих предшественников. Клетка коры воспринимает не только элементарные раздражения, но и целые сложные комплексы их. Громкий тон и он же, сильно заглушенный, направляют возбуждение в один и тот же пункт коры. Громкий треск и тихий треск, при всей их несомненной акустической сложности, загружают тоже одну клетку, при том именно одну и ту же, так как преобладание раздражающего эффекта слабого треска в некоторых опытах по сравнению с эффектом сильного треска Павлов объясняет появлением в клетке парадоксальной фазы парабюза; ясно, что если бы громкий и тихий треск возбуждали разные клетки, то ни о какой парадоксальной фазе не приходилось бы говорить. Павлов идет еще дальше. В некоторых опытах раздражителем был звук метронома, отбивающего 120 ударов в минуту. Этот сложный шумообразный звук, объединенный еще с добавочным качеством (определенным ритмом), локализуется Павловым точно так же в четко индивидуализированной клетке, которую Павлов так и называет — «метрономная клетка».

Таким образом, различные звуковые раздражители, все сложные ритмо-тембры звонка, бульканья, метронома и т.д. рассматриваются Павловым как раздельно и фиксированно локализованные в различных клетках или группах клеток коры больших полушарий головного мозга. И это при том, что никто не приписывает периферическому органу слуха такого устройства, с помощью которого он мог бы направлять различные сложные ритмо-тембры по различным, анатомически специализированным для всех них волокнам. Еще сложнее понять представление о том, что в одну и ту же клетку коры попадает и реальное раздражение (например, горький или сладкий вкус) и его словесное обозначение (слова «горький», «сладкий»).

Бернштейн не без иронии замечает, что если можно допустить, что в головном мозгу имеются раздельные проекции не только для местных знаков (для разных точек кожи, сетчатки глаза, кортиева органа слуха и т.д.), но и для некоторых из их качеств (цветностей, тепла и холода, боли и т.п.), то уже несомнен-

но труднее допустить, чтобы та или иная область коры могла оказаться, например, проекцией академического словаря русского языка. Анализируя различные возможности интерпретации накопившихся фактов, Бернштейн приходит к выводу, что «всякая попытка серьезно, до конца продумать клеточную гипотезу сенсорных центров приводит к совершенно непроходимому ущелью между Сциллой и Харибдой».

Подводя итог, Бернштейн пишет, «что основные слабые места теории клеточной локализации суть 1) подмена того реального биологического анализа (еще почти не известного нам), который совершается в коре, совершенно произвольным, первым пришедшим в голову видом анализа: фразы на слова, зрительных образов — на их пространственно составляющие части, понятий — на составляющие представления и т.д.; 2) ошибочная идея о необходимости почленного соответствия между элементами коры и элементами мысли или поведения, ошибочная в принципе и, кроме того, вдвойне ошибочная из-за произвольности выбора того, что считать элементами поведения и мысли; и 3) основной порок атомизма, состоящий в смешении понятий суммы элементов и синтеза элементов».

Клеточный локализационизм в качестве исходной позиции павловской школы условных рефлексов Бернштейн подчеркивает сходством объяснений физиологических фактов у Павлова и у Теодора Мейнерта (1833—1892). Несколько страниц книги Бернштейна заполнены дословными выписками из их работ. Параллелизм их взглядов удивительно четок. Приведем здесь лишь некоторые высказывания этих крупнейших исследователей.

Мейнерт: «В каждом данном случае, как бы он ни был сложен, воспроизводятся из многочисленных ассоциаций определенной области лишь те, которые связаны с известным образным воспоминанием одновременно возникновения первичного ощущения».

Павлов: «Как устанавливается временная связь, образуется условный рефлекс? Для этого требуется, чтобы новый индифферентный внешний агент совпал по времени один или несколько раз с действием агента, уже связанного с организмом, то есть превращающегося в ту или иную деятельность организма. При условии такого совпадения новый агент вступает в ту же связь, проявляется в той же деятельности».

Действительно ли оба ученых, разделенные почти полувековым интервалом, говорят об одном и том же? Можно ли отождествлять между собою условную связь и ассоциативную связь?

Павлов: «Ближайшую [после безусловных рефлексов и инстинктов] ступень нервной деятельности представляют так называемые ассоциации или привычки, то есть нервные связи, которые образуются во время индивидуальной жизни на основе замыкательной способности нервной системы. Образование ассоциаций происходит по принципу сигнализирования. Когда какие-либо индифферентные раздражители сопровождают один или несколько раз те раздражители, которые вызывают определенные прирожденные рефлексы, то они начинают производить сами по себе эффекты этих прирожденных рефлексов. При небольшом ряде определенных условий ассоциации образуются непременно, закономерно. Тогда мы получаем полное право рассматривать ассоциации как истинные рефлексы, только приобретенные, и исследовать их чисто физиологически. Я вместе с моими сотрудниками называю оба вида рефлексов и раздражителей, которые их возбуждают, соответственно как безусловные (старые) и условные (новые)»².

Далее Бернштейн приводит высказывания Мейнерта и Павлова, показывающие аналогичные представления этих ученых об иррадиации возбуждения по коре мозга и генерализации условного рефлекса, об истощении нервных клеток и их переходе в тормозное состояние, о частичном бодрствовании и парциальном сне, о мозаичности в распределении питания участков коры мозга и мозаичности возбужденных и заторможенных областей коры.

О сознании Мейнерт и Павлов говорят следующее.

Мейнерт: «Ассоциационные явления, на которые наше внимание не обращено, одновременно находятся в частичном сне или за порогом сознания, в то время как в поле зрения внимания и через порог сознания выступает только меньшинство их. Интенсивность возбуждения за порогом сознания никак не равняется нулю, потому что прирост интенсивности поднимает его через границу сознания. Таким образом, между состоянием частичного бдения действующих корковых представлений и частичным сном пребывающих в покое корковых представлений суще-

² Павлов И. П. 20-летний опыт... 1928. С. 297.

стует разница только в интенсивности фазы возбуждения ассоциаций».

Павлов: «Сознание представляется мне нервной деятельностью определенного участка больших полушарий, в данный момент, при данных условиях обладающего известной оптимальной возбудимостью. В этот же момент вся остальная часть больших полушарий находится в состоянии более или менее пониженной возбудимости. Деятельность этих отделов есть то, что мы субъективно называем бессознательной, автоматической деятельностью».

Мейнерт: «Так называемое единство сознания представляет аналогию с процессом на желтом пятне глаза (области яснейшего зрения), побочные же — ассоциации со сферой горючего (поясом неясного зрения)».

Павлов: «Если бы можно было видеть сквозь черепную крышку и если бы место больших полушарий с оптимальной возбудимостью светилось, то мы увидели бы на думающем сознательно человеке, как по его большим полушариям передвигается постоянно изменяющееся по форме и величине причудливо неправильных очертаний светлое пятно, окруженное на всем остальном пространстве полушарий более или менее значительной тенью».

Таким образом, уже в 80-х годах XIX века были даны четкие формулировки многих понятий и гипотез, которые считаются неотъемлемой частью условных рефлексов. У Мейнерта можно найти определение клетки как центрального рецептора, определение пищевого и оборонительного условного рефлекса, определение проторения, ассоциативного замыкания, иррадиации, торможения, истощения клетки, частичного сна, корковой мозаики, отрицательной индукции, поля сознания и т.д. Формулировки Мейнерта и Павлова близки, временами даже по терминологии. О полном тождестве, разумеется, нет и речи. Бернштейн приводит существенные различия во взглядах этих крупнейших ученых. Одно из них состояло в том, что Павлов и его школа располагали колоссальным фактическим экспериментальным материалом, полученном в опытах на собаках; материал же Мейнерта был скуден и состоял по преимуществу из данных физиологов-локализационистов, его собственных анатомических открытий и клинических наблюдений. Однако перечисленные выше понятия, в отношении которых Бернштейн подчеркнул сходство взглядов

Мейнерта и Павлова, представляют собою «не откristаллизованный фактический результат экспериментов, а гипотетическое или умозрительное толкование его».

Это положение может быть очень четко проиллюстрировано, например, понятием об иррадиации возбуждения по коре больших полушарий. Опытный факт состоит в следующем. Собака получила корм после щелканья метронома с определенной частотой. Если в следующих опытах включить метроном с другой частотой щелчков, собака реагирует слюноотделением и на этот сигнал. Чтобы истолковать этот факт как результат иррадиации возбуждения по коре (как делает Павлов), необходимо принять, что в коре имеется проекция слухового аппарата, и притом такая, в которой центры, раздражаемые щелчками метронома разной частоты, пространственно локализованы один близ другого. Однако никаких анатомо-физиологических данных в пользу такого размещения «центров» нет. «И весь гигантский экспериментальный материал Павлова, состоящий исключительно из данных по внешней феноменологии реакции животного, не дает ему в этом отношении (подчеркнуто Бернштейном. — И.Ф.) ощутимых преимуществ перед Мейнертом, не имевшим такого количества феноменологических данных». То же самое относится к понятию индукции — хотя все факты останутся фактами. Так же и со многими другими из перечисленных выше понятий.

Построения и концепции Мейнерта не были известны Павлову. Понятия, созданные школой условных рефлексов, родились в результате ее вполне самобытной творческой работы. Параллели же явились результатом того, что исходная позиция у обеих школ была одна и та же — клеточный локализационизм.

В связи с этим Бернштейн очерчивает роль экспериментального материала. Эксперимент — это творческий процесс, а не механическое добывание фактов. Предположения и предпосылки направляют поиск фактов, а фактические данные рожают новые идеи, гипотезы, мировоззрения. Обе стороны настолько неразлучны, что работу, проделанную той или иной научной школой, можно оценивать с одинаковым правом как по количеству собранных ею фактов, так и по количеству созданных ею новых идей. Бывают, правда, научные школы, занимающиеся преимущественно проверкой и опытным подтверждением старых, ранее высказанных идей и предположений. Однако такие школы в сво-

их работах остаются до конца в круге старых идей и старого мировоззрения (в том случае, если они не возглавляются умом крупным и оригинальным). Школа условных рефлексов не относится к числу этих школ-комментаторов и подтверждателей. Она шла вполне самобытным путем.

Бернштейн рассматривает и представления Павлова о рассеянных элементах анализаторов в коре мозга.

В начале последней четверти XIX века Мунк, а затем Гольц (Fr. Goltz) проводили интересные опыты с удалением у животных различных отделов головного мозга. Главное, что нарушается при симметричном удалении задних отделов обоих полушарий мозга, — это осмысляющее восприятие, способность узнавания. Светоощущение и реакция на свет у оперированных собак сохраняются. И.М. Сеченов дает описание поведения таких собак: «При поверхностном исследовании такие собаки кажутся совсем слепыми: не узнают издали знакомых людей (узнавая их вблизи обонянием) и остаются совершенно равнодушными к угрожающим жестам, к виду плетки и даже таким влияниям, как внезапное приближение зажженной свечки к глазам. Но рядом с этим при ходьбе они различают препятствия... Так, они обходят разостланные по полу ленты белой бумаги или повешенные на веревках куски белого полотна и не решаются пройти между пустыми белыми чашками».

Павлов, комментируя опыты Мунка, очень резко ополчился на туманное выражение «собака видит, но не понимает». Он объясняет наблюдавшиеся явления тем, что при повреждении коркового конца зрительного анализатора в большей степени нарушаются самые сложные процессы зрительного различения форм, тогда как примитивнейшие функции, отличие света от темноты могли уцелеть и в малых остатках анализаторов. Бернштейн пишет: «Это объяснение выглядит много правдоподобнее мунковского... Павлов подытоживает его категорической фразой: “дело вполне ясно, и никаких туманных объяснений не требуется. Вместо того, чтобы говорить, что собака перестала понимать, мы говорим, что у нее поломан анализатор, и она потеряла возможность образовывать условные рефлексы на более тонкие и более сложные зрительные раздражения” (“Двадцатилетний опыт...”, 1928, с. 188). Это резюме, конечно, уступает в доказательности предыдущему рассуждению. Действительно, поте-

ря возможности образования рефлексов есть не объяснение фактов, а сам факт, установленный наблюдением и нуждающийся в объяснении. Значит, остается первая часть заключения: вместо того, чтобы говорить, что собака перестала понимать, мы говорим, что у нее поломан анализирующий аппарат. Если мы вместо того, чтобы сказать, что собака перестала обонять, скажем, что у нее поломан обонятельный аппарат, то станет ли от этого “дело вполне ясным”? (см. по этому поводу также: Павлов И.П. Лекции..., 1927, с. 298).

Мунк дал описанному явлению название «душевная слепота», подчеркивая этим, что животное потеряло не способность к ощущению, а образное воспоминание. Аналогично этому, при иссечении участка височной доли мозга наблюдается «душевная глухота». Однако через 4-5 недель после иссечения слухового центра явления «душевной глухоты» проходят.

Этому восстановлению функций Павлов придал очень большое значение. В 1911 году, в начале изучения условных рефлексов, Павлов высказал очень интересную гипотезу, новую и свежую для того времени. Исходным был тот факт, что при начале образования условного рефлекса последний всегда оказывается обобщенным, иррадиированным. «Из этого явствует, что мозговой конец анализатора представляет общую массу, в которой все части находятся в тесной связи и могут заменяться другими. Можно себе представить, что в то время, как на периферии анализаторов существует строгая дифференцировка, один элемент его отличается от другого, — в мозговом конце анализатора имеется объединение всего этого, так что от всех периферических элементов вы имеете провод к каждому пункту мозгового конца. Таким образом, имеется возможность маленькую частью заменить большую. Только что высказанное есть, впрочем, не столько предположение, сколько предчувствие того, как решается этот необыкновенно сложный и важный вопрос»³.

Здесь Павлов еще очень близок к тому, чтобы встать на функциональную точку зрения. Однако после 1922 года Павлов делает шаг назад, к старым позициям Мунка о периферическом поясе клеток. Для объяснения восстановления слухового восприятия и осмысления после иссечения височного центра «надо

³ Павлов И.П. Двадцатилетний опыт... 1928. С. 167.

было бы допустить, что в этом особом отделе звукового анализатора в коре имеются рецепторные клетки с приводами от всех частей периферического звукового аппарата, причем между клетками, благодаря здесь особенно благоприятной конструкции, могут происходить разнообразные и тонкие связи, образовываться наиболее сложные компоненты звуковых раздражений и осуществляться их анализы. Частичное разрушение этого отдела должно вести к выпадению из комплексов отдельных раздражений, а полное должно исключить вообще высший синтез и анализ раздражений. Так как по удалении височных долей полностью звуковые условные рефлексы продолжают существовать и даже способны к элементарному дифференцированию, — а при удалении всей коры полушарий они исчезают и навсегда, — то является неизбежным заключение, что, кроме специального отдела звукового анализатора, в коре должны быть рассеяны элементы этого анализатора в гораздо большем районе полушарий, может быть даже во всей массе их»⁴.

Такие же рассеянные элементы предполагаются Павловым и для зрительного и для кожно-мышечного анализаторов.

Бернштейн обращает внимание на то, что такое положение диаметрально противоположно воззрениям Павлова 1911 года. В новом варианте предусматривается запас заранее заготовленных элементов — и клеток, и проводников, — которые у всех особей остаются неиспользуемыми полностью до самой смерти. Идея о такой предусмотрительности природы или промысла могла бы получить высокую оценку в XIX веке, до работ Дарвина, но никак не в конце первой четверти XX века.

Попыткой модернизировать (по локализационным вопросам) теорию условных рефлексов являются работы одного из ближайших учеников и последователей Павлова — Иванова-Смоленского. Классическое для школы условных рефлексов понятие анализатора он заменяет понятием «синтез-анализатора»⁵. Классическая теория условных рефлексов приписывает всей коре больших полушарий мозга только воспринимающую функцию. Иванов-Смоленский не может не признать моторной роли передней центральной извилины. Но «смягчая» это признание, он

⁴ Павлов И.П. Лекции. 1927. С. 294.

⁵ Иванов-Смоленский А. Основные проблемы психопатологии. 1933. С. 434.

пишет, что эта область коры посылает «не столько эффекторные импульсы, сколько регулирующие и координирующие, дифференцирующие и интегрирующие эффекторную работу ниже расположенных отделов»⁶. Как будто за всеми этими затухающими выражениями может скрываться нечто, хоть сколько-нибудь более близкое к рецепторике, чем к эффекторике. «Посылать» что-либо, кроме эффекторных импульсов, при правильном пользовании терминологией, ни один нейрон не может, — замечает по этому поводу Бернштейн.

Важное «нововведение» Иванова-Смоленского состоит в том, что он проводит решительную качественную грань с точки зрения локализационного принципа между всеми высшими животными, включая и человекообразных обезьян, с одной стороны, и человеком — с другой. «В то время как большие полушария высших животных, не исключая и антропоидных (човекообразных) обезьян, содержат в наружном своем листке лишь непосредственные проекции или синтез-анализаторы (зрительная, слуховая, кожная, кинестетическая, вкусовая, обонятельная, висцеральная проекции), — в мозговой коре человека, как специальная его особенность, находятся еще «высшие кортикальные центры», или символические проекции («центры» речи, письма, чтения и т.д.). Сюда же надо отнести и область жестикуляторной экспрессии (кинестетическую и оптическую) как самую древнюю символическую проекцию»⁷. К такой же точке зрения склоняется и Павлов, назвавший проекции Иванова-Смоленского первой и второй сигнальными системами.

Бернштейн обращает внимание на то, что подобные построения представляют собою плод чистого воображения автора, не опирающегося ни на какие фактические исследования — ни на анатомические, ни на сравнительно-анатомические, ни на биологические. Конечно, мозг человека имеет существенные отличия от мозга животных. Могла бы иметь некоторые шансы гипотеза, что переход от обезьяны к человеку сопровождался переходом от N-каскадного нейронального типа коры к (N+1)- или (N+2)-каскадному, но положительные утверждения о том, что здесь налицо переход от однокаскадного типа у всех позвоночных (имеются

⁶ Там же. С. 435.

⁷ Там же. С. 436.

только сенсорные проекции) к двухкаскадному у человека, просто неверно.

«Центры» чтения, письма, музыкального восприятия и исполнительства несомненно существуют у человека, но если вслед за Ивановым-Смоленским принять, что они являются первыми во всем филогенезе непроекционными в прямом анатомическом смысле полями коры, т.е. полями, глубоко отличными от всего, что существовало до человека, то для объяснения этого есть только две возможности. Или эти центры были преобразованы, созданы заранее для несения письменных, музыкальных и тому подобных функций — что несовместимо с современными научными представлениями; или вторая возможность — эти центры развились как принципиально новые анатомические качества рука об руку с теми функциями, которые они осуществляют сейчас. Но тогда как быть с народами, не обладающими письменностью? Как быть с массой людей, которые и в Европе не умели читать и писать еще пару столетий назад?

Приводя примеры поведения животных, а тем более человека, Бернштейн показывает невозможность сведения их к «проторению», к замыканию связей между клетками. Он пишет: «Коренная ошибка большинства идеологов школы условных рефлексов состоит именно в том, что они изучают процессы зазубривания, думая, что изучают процессы поведения» (подчеркнуто Бернштейном. — И.Ф.). «Рефлекс — не элемент действия, а элементарное действие», — утверждает Бернштейн.

Для исследования «второй сигнальной системы» у детей Иванов-Смоленский предложил «речедвигательную методику». Условный сигнал (например, световой) «подкреплялся» словом экспериментатора «Нажми!». В результате после ряда повторений световой сигнал уже сам по себе вызывал реакцию нажатия рукой. Если в классических опытах Павлова на животных безусловным рефлексом было слюноотделение в ответ на попадание пищи в рот, то в опытах Иванова-Смоленского на людях эту роль играло нажатие рукой на баллон в ответ на слово экспериментатора «Нажми!». А это далеко не одно и то же.

Отметим, что значительно позже, в июне 1946 года, Бернштейн вспомнил об этой методике в связи с выходом в 1945 году интересной книги А.Н. Леонтьева и А.В. Запорожца, посвященной восстановлению функций руки после ранения. Опираясь на

исследования Бернштейна об уровнях построения движений, группа ученых, в которую входили А.Н. Леонтьев, А.В. Запороженец, П.Я. Гальперин и другие, достигли очень хороших результатов при лечении раненых, у которых в результате ранений на фронте были нарушены движения рук. Книга «Восстановление движения: психофизиологическое исследование восстановления функций руки после ранения» была подарена авторами Бернштейну. На следующий день после получения книги (28 июня 1946 года) Николай Александрович ответил им стихотворением.

Иванов-Смоленский когда-то
«Нажми!» — поучал огольцов;
И жали усердно ребята,
И слюнки текли изо ртов.

Бедняга топтался на месте,
Заехав в условничий лес:
Как видно, не вяжутся вместе
Идеи «нажми» и «прогресс».

Не мучая маленьких рожц,
Как будто шенят или крыс,
Стремятся теперь Запороженец
С Леонтьевым вверх, а не вниз.

Я лозунги новые слышу
На месте бывшего «нажми»:
Все выше и выше и выше
Ты руку свою подними!

Я в вашем успехе уверен,
То вслух говорю, не тайком,
Леонтьев, Сусанна, Гальперин,
Узнадзе, Гиневская, Комм.

Кончаю послание (ибо
Короткость — таланта сестра);
Большое за книжку спасибо,
Что вы мне прислали вчера!!

Вряд ли Бернштейн в 30-е годы предвидел, что вскоре фанатизм Иванова-Смоленского перерастет в воинствующее невежество, а сам он в период сталинского разгрома науки в конце 40-х и начале 50-х годов превратится в марионетку, которую держат за ниточки злобный монстр; что волею хозяина кукольного театра абсурда в руках «ученых-марионеток» чуткий вопрошающий скальпель экспериментатора будет заменен слепым разящим мечом палача.

Но об этом мы поговорим несколько позже. А пока, дорогой читатель, вернемся мысленно в середину 30-х годов, когда Бернштейн пишет книгу «Современные искания в физиологии нервного процесса». Книга должна вызвать серьезнейшую дискуссию. Дискуссию с Павловым — патриархом тогдашней физиологии, лауреатом Нобелевской премии (полученной за исследования пищеварения), признанным на XV-м Международном конгрессе физиологов в 1932 году старейшиной физиологов мира (*Principes physiologorum mundi*). Николай Александрович, молодой профессор физиологии, готовится к научным дискуссиям с признанным мэтром. Бернштейн даже намеревается предпослать своей книге в качестве эпиграфа слова Сталина о науке, которая не боится поднять руку на отживающее, старое и чутко прислушивается к голосу опыта, практики; что в противном случае у нас не было бы вообще науки, и мы пробавлялись бы обветшалой системой Птолемея. Красивые слова, не правда ли? Но не знал тогда еще Бернштейн, что лицемерно сказавший их человек — тот самый монстр, который будет вдохновителем и организатором удушения культуры и науки, истребления их наиболее ярких деятелей.

Итак, намечается дискуссия, книга Бернштейна готовится к изданию в Издательстве биологической и медицинской литературы. Но в феврале 1936 года Павлов умирает. И Бернштейн решает, что он не вправе бросить перчатку оппоненту, который уже не сможет поднять эту перчатку и ответить на критику. И по настоянию Бернштейна уже подготовленный к печати набор книги был рассыпан. И вот только сейчас, почти через 70 лет после ее написания, появилась возможность издать эту книгу.

Как расценить решение Бернштейна по остановке издания книги? Мне трудно ответить на этот вопрос однозначно. С одной стороны, мне очень симпатично его решение, в основе которого лежит глубокое уважение к памяти великого ученого, внесшего

огромный вклад в науку. С другой стороны, смерть ученого (пусть даже великого) не должна останавливать дальнейшего развития науки; движение вперед — наш долг перед памятью ушедшего из жизни поколения ученых.

Стартовая площадка

Книга Н.А. Бернштейна «Современные искания в физиологии нервного процесса» написана в середине 30-х годов. Пройден первый десятилетний этап научных исследований и намечен путь дальнейшего поиска, затрагивающего принципиально важные стороны работы нервной системы и существенно меняющего сложившиеся к тому времени взгляды на эту работу. То, что продумано и сделано Бернштейном прежде, было умножено в замечательной статье «Проблемы взаимоотношений координации и локализации» (1935). И перед его мысленным взором уже вырисовывался план будущих экспериментальных и теоретических исследований.

В этих условиях совершенно естественным было желание — перед тем, как отправляться в дальнейший путь, оглянуться назад, подвести итог тому, что уже сделано многочисленными исследователями работы мозга. Книга «Современные искания в физиологии нервного процесса» явилась результатом такого подведения итогов. Это обзор достижений мировой нейрофизиологии к 30-м годам XX века. Но среди множества обзоров, написанных разными авторами в разное время, книга Бернштейна выделяется тем, что с каждой ее страницы смотрит лицо автора. Это не обзор, написанный Бернштейном, а взгляд Бернштейна на то, в каком состоянии находятся знания о нервной системе в данный момент. Написание этой книги — подготовка и расчистка Бернштейном «стартовой площадки», с которой планируется начать взлет в еще неизведанное — за новыми знаниями о том, как работает нервная система, как осуществляется управление живым организмом во взаимодействии с окружающей средой.

Среди различных направлений изучения работы нервной системы большое место занимают исследования высшей нервной деятельности И.П. Павлова и многих его учеников и соратников. Эти работы были очень плодотворными и высоко оценены современниками. В книге достижения Павлова отведено доста-

точно места, но это не простой пересказ того, что сделано. Бернштейн вступает в принципиальную полемику с великим мэтром. Он рассчитывает на то, что после выхода в свет его книги развернется серьезная и глубокая дискуссия. Особенно острая критика Бернштейна обращена на работы одного из ближайших сотрудников Павлова — А.Г. Иванова-Смоленского, который, пытаясь распространить теорию условных рефлексов на мышление и речь человека, доводил эту теорию до абсурда. Здесь Бернштейн порою не может удержаться даже от резких выражений. «Все построения (Иванова-Смоленского. — *И.Ф.*) представляют собою плод чистого воображения автора, не опирающегося ни на какие фактические исследования — ни анатомические, ни на сравнительно-анатомические, ни биологические. Такой проект мозгового устройства мог бы возникнуть лет сто тому назад, когда и бывали в действительности попытки строительства теорий мозга на голом месте; сейчас он выглядит тем более неоправданным, что автор его во всей своей книге обнаруживает превосходную эрудицию и знание современной литературы». Это Бернштейн писал в 1935 году в книге «Современные искания в физиологии нервного процесса».

А позже ситуация становилась еще более сложной. И достигла пика в 1950 году, когда объединенная сессия Академии наук СССР и Академии медицинских наук СССР догматизировала и «канонизировала» наследие Павлова в том виде, как оно представлялось некоторым его «последователям» и эпигонам. Вспомним роль, которую сыграл на этой сессии упомянутый выше Иванов-Смоленский. Это была «дискуссия», когда один лежал связанный, а другой его «дискутировал». А множество участников сессии стремились выступить, чтобы публично заявить, что они — с этим «другим». Те же, кому выйти на трибуну не удалось, подавали свое выступление в письменном виде. Поистине — «бывали хуже времена, но не было подлей». И это задокументировано и размножено в опубликованном стенографическом отчете. Сессия была направлена на разгром «антипавловцев», которыми объявлялись те, кто активно развивал науку, но был неугоден власти имущим. В их число попал в первую очередь один из самых ярких и творческих, высоко ценимый Павловым, академик Леон Абгарович Орбели. Типичная для того времени ситуация, которая ярко отразилась в словах Бориса Пастернака:

Кому быть живым и хвалимым,
Кто должен быть мертв и хулим, —
Известно у нас подхалимам
Влиятельным только одним.

И может быть, то, что книга Бернштейна не была в свое время издана, сыграло даже положительную роль — удар по Бернштейну в начале 50-х годов мог бы оказаться значительно более тяжелым.

Много позже, уже после смерти Сталина, когда несколько рассеялась удушливая атмосфера, в разговоре с Бернштейном мы вернулись к судьбе его книги. Я настаивал на том, что ее необходимо издать, что она не утратила своей актуальности и необходима современным физиологам и психологам. Николай Александрович ответил, что он не может сейчас заниматься этим делом, что в оставшееся ему время он должен довести до конца другие дела — прежде всего, разработку физиологии активности. «А когда-нибудь потом, — сказал он — можете попробовать издать эту книгу». И подарил мне экземпляр верстки с его правкой, им же переплетенный.

Но возможности издать книгу не было. Надо было сохранить верстку до лучших времен. Почитать ее моим друзьям и коллегам я давал только у себя дома. Даже самому себе я не разрешал выносить ее из дома — мало ли что может случиться, и верстка может пропасть. И лишь один раз я отступил от своего правила. Я должен был уехать из Москвы на месяц. А книгу Бернштейна очень хотел почитать мой друг Геннадий Сардионович Гургенидзе. Это был хороший и умный человек, очень высоко ценивший работы Бернштейна и написавший для «Философской Энциклопедии» содержательную статью об исследованиях Бернштейна — «Физиология активности». Я почувствовал себя собакой на сене: целый месяц меня не будет в Москве, и Гургенидзе не сможет читать верстку, которая будет лежать у меня дома мертвым грузом. А ценность верстки Гургенидзе понимал не хуже меня, и доверять его аккуратности можно было полностью. Я оставил ему верстку. Однако, вернувшись в Москву, узнал о неожиданной смерти Гургенидзе... С большим трудом все же удалось найти верстку.

В 1992 году судьба сложилась так, что я уезжал из Москвы в Израиль. В то время вывезти старую книгу за границу можно

было только по специальному разрешению. А разрешение на эту «несуществующую» книгу я, естественно, получить не мог. И незадолго до отъезда, прощаясь с академиком Олегом Георгиевичем Газенко, рассказал ему об этом, сказал, что был бы рад оставить гранки ему — пусть они останутся в хороших руках. Я знал, как высоко оценивает Газенко вклад Бернштейна в науку — его теорию построения движений, его физиологию активности. Именно Газенко поддержал меня прежде и помог издать книгу Бернштейна «Физиология движений и активность» в серии «Классики науки». В этой же книге помещена наша с Газенко большая статья о жизненном пути и творчестве Бернштейна (с. 463—479). Я оставил переплетенные гранки Олегу Георгиевичу, и он через некоторое время нашел путь передать их снова мне в Иерусалим. И вот теперь (только теперь!) появилась возможность издать по старым гранкам эту книгу Бернштейна. В сложной судьбе ее отразилось непростое лицо эпохи. Действительно, *habent sua fata libelli* (книги имеют свою судьбу), как говорили древние.

Рассыпанный набор и издание через несколько десятков лет после написания — нечастая судьба научной книги. Так вот, должно же было случиться, чтобы на бернштейновское наследие эта доля выпала дважды. Но если набор книги «Современные искания в физиологии нервного процесса» был рассыпан по настоянию автора, то набор его книги «О ловкости и ее развитии» был рассыпан вопреки воле автора. И эта история тоже характеризует то нелегкое время, в которое жил и творил Бернштейн. Но об этом подробнее — в следующей главе.

Книга Бернштейна «Современные искания в физиологии нервного процесса» подводит итог того, к чему пришла наука о нервной системе за долгий период от Рене Декарта (1596—1650) до И.П. Павлова (1849—1936). Ключевым понятием исследователей этого периода было понятие рефлекса. «Горный хребет» рефлекторной физиологии начинается большой «вершиной» Декарта, который ввел в науку о нервной системе понятие «рефлекс», понимаемый им очень механистически, машинообразно. Последней большой вершиной этого хребта был Павлов, открывший и подробно изучивший условные рефлексы и положивший их в основу высшей нервной деятельности. С Бернштейна, мне кажется, начинается новый «горный хребет», новая парадигма, сменяющая

рефлекторную физиологию. Бернштейн назвал это «физиологией активности». Но это уже не укладывается в рамки прежней физиологии. Это и психология активности, и биология активности. К физиологии активности Бернштейн пришел в результате многолетних исследований управления движениями. Такие понятия, как задача, цель, предвидение, прогностика прежде относились только к психологии. А оказалось, что без них нельзя объяснить и физиологические явления. Физиология и психология обнаружили тесную связь.

Уже на самом последнем этапе своего творчества, подводя итог, Бернштейн писал:

«Если проанализировать, на чем базируется формирование двигательных действий, то окажется, что каждый значимый акт представляет собою решение (или попытку решения) определенной задачи действия. Но задача действия, иными словами, результат, которого организм стремится достигнуть, есть нечто такое, что должно стать, но чего еще нет. Таким образом, задача действия есть закодированное так или иначе в мозгу отображение или модель потребного будущего. Очевидно, жизненно полезное или значимое действие не может быть ни запрограммировано, ни осуществлено, если мозг не создал для этого направляющей предпосылки в виде названной сейчас модели потребного будущего».

Судя по всему, мы имеем перед собой два связанных процесса. Один из них есть **вероятностное прогнозирование** по воспринимаемой текущей ситуации, своего рода **экстраполяция** на некоторый отрезок времени вперед. Фактические материалы и наблюдения, указывающие на такие процессы, уже накапливаются нейрофизиологами и клиницистами.

Наряду же с этой вероятностной экстраполяцией хода окружающих событий (каким он был бы при условии «невмешательства») совершается процесс **программирования** действия, долженствующего привести к реализации потребного будущего, о модели которого было сказано выше».

И далее: «Действительно, в предшествующем периоде развития научной физиологии такие установленные к нашему времени факты, как кодированные отображения информационного материала, первичные или рекомбинированные мозгом, были совершенно неизвестны. Поэтому большинство таких понятий,

как отвечающая потребностям организма задача или цель действия, т.е. код программы, направленный к оптимизации тех или иных условий существования организма и т.п., считалось неотъемлемой принадлежностью психологии, высокоразвитого сознания, обладающего возможностью формулирования для себя очередных задач и целей действия. Материалистическая платформа стояла, таким образом, перед альтернативой: либо допустить наличие психики и сознания у дождевого червя или дерева (это, разумеется, отвергалось как абсурд), либо считать, что ни одно из понятий обсуждаемой категории вообще неприменимо к преобладающему множеству организмов. Свободно чувствовал себя в этой области только идеалистический витализм, ничем не обоснованные гипотезы которого позволяли идти сколько угодно далеко в направлении финализма.

Именно обнаружение возможности построения и комбинирования организмом материальных кодов, отображающих все перечисленные формы активности и экстраполяции предстоящего, начиная с тропизма и кончая наиболее сложными формами направленного воздействия на окружение, позволяет нам теперь говорить о целенаправленности, целеустремленности и т.д. любого организма, начиная, может быть, уже с протистов, нисколько не рискуя соскользнуть к финализму. Накапливаемый сейчас фактический материал из области сравнительной физиологии говорит о таком не предполагавшемся прежде разнообразии материальных субстратов регулирующих кодов и самих форм и принципов кодирования, в котором осознаваемые и вербализованные психические коды человеческого мозга занимают лишь место одной из частных, хотя и наиболее высоко развитых форм»⁸.

Физиология активности возникла в результате многолетнего изучения Бернштейном управления движениями, построения движений человека. Но ее выводы охватывают и другие области психофизиологии, общие принципы биологии⁹. «Процесс жизни есть не "уравновешивание с окружающей средой", а преодоление

⁸ Бернштейн Н.А. Физиология движений и активность. М.: Наука, 1990. С. 438—439.

⁹ См., напр.: Фейгенберг И.М. Физиология активности в сенсорной сфере // Независимый психиатрический журнал. 1997. IV. С. 27—31.

этой среды, направленное не на сохранение статуса или гомеостаза, а на движение в направлении выполнения родовой программы развития и самообеспечения»¹⁰.

«Горный хребет» физиологии активности только начат, и его величественная вершина, имя которой Бернштейн, — лишь первая. Нет сомнения, что этот хребет протянется дальше, что на нем появятся новые вершины. Возникнут новые представления о работе нервной системы, и, может быть, некоторые наши теперешние представления покажутся неточными, в чем-то ошибочными, наивными. Но и тогда сохранится благодарная память о Н.А. Бернштейне — первопроходце физиологии активности, развившем ее, преодолевая сопротивление среды, а не приспосабливаясь к ней.

¹⁰ Бернштейн Н.А. Новые линии развития в физиологии и кибернетике // Вопросы философии. 1962. № 8. С. 82.

Годы войны (1941–1945)

К 1938–1941 годам у Бернштейна накопились обширные экспериментальные данные об организации движений человека в трудовых действиях, в спорте, в онтогенезе — от детского до старческого возраста, в патологии. Он разработал новые методы регистрации и анализа движений в трехмерном пространстве. В Институте физкультуры исследовал движения бега на коньках, метания диска. Совместно с П.И. Павленко разработал новый прибор для автоматического выполнения частотного анализа осциллограмм — «осцилоспектрограф». Изобрел и сконструировал прибор для измерения мышечного тонуса на новом принципе — вибрационный тонометр. Написал ряд глав для учебника по физиологии для физкультурных вузов (остальные главы были написаны Н.С. Маршаком и А.Н. Крестовниковым). Читал систематический курс физиологии движений в Государственном центральном институте физической культуры.

В это время у Бернштейна созревает представление о том, как головной мозг управляет моторикой человека. Он пишет книгу «О построении движений и их систематизации по неврофизиологическому принципу», в которой излагает разработанную им новую теорию координации движений. Но этой книге тогда не удалось увидеть свет.

22-го июня 1941 года началась Великая Отечественная. Не было учреждения, не было семьи, жизнь которой не задела бы война. Семья Бернштейна эвакуируется из Москвы в Сибирь, в Улан-Удэ, главный город Бурят-Монгольской республики.

В Улан-Удэ нет условий для продолжения исследовательской работы. Бернштейн возглавляет кафедру биологии в Педагогическом институте. Он читает курс анатомии человека с основами гистологии и курс общей физиологии. В свободное от служебных обязанностей время составляет на основе собственных вычислений «Таблицы пятизначных логарифмов для чисел от 1 до 10^{10} ». В этом находила какое-то удовлетворение душа, рвущаяся к творческому труду. А жизнь была тяжелая — и холодная, и голодная. Его брат Сергей живет в это время в Ташкенте, куда была эвакуирована Академия, в которой он работал. Он был лучше обеспечен и, чтобы помочь Николаю, организует его переезд в Ташкент, где Бернштейн проводит зиму 1942–1943 годов. Там было сытнее благодаря помощи брата и его жены Т.С. Поповой, но творческие силы приложить было некуда. Бернштейн работал там в Республиканском санитарном институте Наркомздрава Узбекской ССР.

В июне 1943 года в связи с переломом в ходе войны появилась возможность вернуться в Москву. Здесь его пригласили в качестве профессора кафедры физиологии в Государственный центральный ордена Ленина институт физической культуры (ГЦОЛИФК) и как профессора кафедры психологии в Московский государственный университет.

Война прервала работу Бернштейна, но не прервала развитие его исследований, которые находят применение в госпиталях, где врачи и психологи не щадя сил трудятся над восстановлением функций у раненых в конечности, в голову, имевших нарушения моторики и речи. В эвакогоспиталях эту кропотливую работу ведут А.Р. Лурия, А.В. Запорожец, А.Н. Леонтьев и возглавляемые ими коллективы. В своей работе они в большой мере опирались на довоенные исследования Бернштейна.

Возвращение в Москву вдохнуло новые силы в творчество Николая Александровича. В «Ученых записках МГУ» он публикует большую статью (по существу — целую книгу) «К вопросу о природе и динамике координационной функции».

Но мысли Бернштейна уже обогнали эту рукопись. Он трудится над дальнейшим развитием теории построения движений, активно включается в деятельность по оказанию помощи раненым на войне. В октябре 1943 года он начинает работать в Отделении восстановительной терапии Всесоюзного института эксперимен-

тальной медицины (ВИЭМ). Этим Отделением руководил профессор А.Р. Лурия — давний друг, хорошо понимавший, какую пользу может принести Бернштейн в деле восстановления функций у раненых. Сам Лурия занимался восстановлением нарушений речи после ранений (афазии). Бернштейн должен был заняться восстановлением нарушений моторики, как и в Ташкенте, в эвакогоспитале № 3668. Теперь же в Москве он мог сочетать практическую помощь раненым с интенсивной научной работой.

В лаборатории биомеханики Центрального научно-исследовательского института физической культуры (ЦНИИФК), возглавляемой Бернштейном, царила обстановка общего подъема, вызванного победой в войне. Руководитель и его немногочисленные сотрудники работали не покладая рук, дружно и энергично. Готовясь к встрече нового 1946 года (первого послевоенного Нового года!) с коллективом товарищей по работе, Николай Александрович написал поздравительное стихотворение.

В сорок шестом завершите ли
Иль не осилить рывка?
Мозг или мышца — вершители
Бега, ходьбы, прыжка?
Он ли тут — после? Она ли — за?
Как распутать клубок?
Силами ли анализа
Или спасет биоток?
В мышце ли, в связке легло, в кости
То, чем правят мозги?
Как разобраться в ловкости,
Где не видать ни зги?
Физиологии сливки,
Смело! Не падать ничком!
Все одолеем в ЦНИИФКе
Вместе с И.А. Крячко'м!

(И.А. Крячко был директором ЦНИИФКа)

Это стихотворение очень хорошо отражает творческий дух, настроение лаборатории. Николай Александрович интенсивно вел исследовательскую работу и одновременно принялся за написание двух книг. Об их судьбе мне хочется рассказать подробнее.

«О ловкости»

Можно сказать, что книги в чем-то похожи на людей. У каждой — свое лицо, своя «душа». Одни рождаются сравнительно легко, другие в муках, а иногда — к счастью, редко — их рождение стоит жизни матери. У каждой — своя судьба, своя биография. Каждая испытывает на себе влияние своих предшественниц и современниц; каждая в свою очередь влияет на тех, что придут после нее, и эти влияния иногда явны, очевидны, а порой совсем незаметны «невооруженному глазу». Каждая книга несет в своей судьбе отпечаток эпохи. И каждая как-то влияет на свою эпоху — иногда манифестно, а иногда почти незаметно. Различны сроки жизни книг и память, которую они оставляют о себе. Книги, вышедшие из-под одного пера, — как братья и сестры: имеют общие черты, но и каждая остается неповторимо самобытной. Каждая имеет свой круг друзей и свой круг недругов. Каждая при более близком знакомстве открывает внимательному другу новые, ранее не замечаемые грани своей «души».

Одна из книг, о которых пойдет речь, легла на стол читателя почти через полвека после того, как ее рукопись лежала на столе автора. И это тоже «метина эпохи». Таковы же судьбы многих произведений М. Булгакова, А. Платонова, а в научной литературе — Л. Выготского, Н. Вавилова и многих других. Русский писатель М. Булгаков сказал: «Рукописи не горят». Если бы всегда было так... Но в то время рукописи и книги горели — и в Германии, и в СССР. Еще как горели! И порой в их пламени сгорали и люди — авторы и даже читатели этих рукописей. Однако рукописи книги Бернштейна «О ловкости и ее развитии» повезло — она не сгорела. Точнее — повезло нам: сейчас можно читать эту книгу и в русском оригинале и в английском переводе.

Многолетние исследования Бернштейна сложились в стройную теорию о том, как нервная система управляет движениями человека. И он пишет научную монографию «О построении движений». Книга подводит итог того, что было сделано Бернштейном и его товарищами по работе в довоенные годы и во время войны. А вечерами и ночами дома, в своей комнате в коммунальной квартире, когда члены его семьи и соседи затихали, Николай Александрович писал задуманную им книгу, рассчитан-

ную на широкий круг читателей — это была книга «О ловкости и ее развитии».

В это послевоенное время писчей бумаги не хватало, достать ее было очень трудно, и Николай Александрович писал на листах старой и уже не годной по прямому назначению фотобумаги: она пролежала в лаборатории еще с довоенного времени. Сначала Бернштейн писал только на оборотной, не покрытой фотоэмульсией, стороне. Но скоро стало ясно, что бумаги не хватит — и в ход пошли обе стороны фотобумаги. Полей почти не оставлял — все та же экономия бумаги. У края листа Николай Александрович ставил дату; и по датам видно, сколько страниц за какую ночь написано. Видно и то, что работа не прекращалась и в праздничные дни, включая и день Нового года.

Книга «О построении движений» была окончена раньше и передана в издательство «Медицина». А книга «О ловкости и ее развитии» предназначалась для издательства «Физкультура и спорт», от которого был оформлен заказ. И даже уже была выплачена ав-



Н.А. Бернштейн у себя дома. Ночная работа над рукописью

тору первая часть гонорара, на которую купили ручные часы для Тани, падчерицы Николая Александровича, очень гордившейся этими первыми в ее жизни часами.

Монография «О построении движений» вышла в 1947 году тиражом 3000 экземпляров, в мягкой обложке, на грубой бумаге. Она стала пособием для врачей, боровшихся с нарушениями моторики у солдат и офицеров, раненных во время войны. Книга имела огромный успех. Институт неврологии Академии медицинских наук СССР, возглавляемый профессором Николаем Ивановичем Гращенковым, выдвинул ее на соискание Сталинской премии — так называлась в то время высшая в СССР награда за достижения в науке, литературе, искусстве. И Н.А. Бернштейн был удостоен этой награды.

А книга «О ловкости и ее развитии» была тем временем донесена и рукопись сдана в издательство «Физкультура и спорт». Уже был сделан набор книги, подготовлены иллюстрации, ...но обстановка в стране стала быстро меняться. Послевоенное воодушевление и радужные надежды на перемены к лучшему пропали.

Пошла волна «квасного патриотизма», когда цитирование иностранных авторов в научных книгах и диссертациях осуждалось как «преклонение перед Западом». Даже слово «кроссворд» кто-то ухитрился переделать — «крестословица», а «французская булочка» стала «русской». Нарастала волна государственного антисемитизма. Слово «космополит», означающее «гражданин мира», воспринималось как ругательное. Выражение «безродный космополит» превратилось в эвфемизм, заменяющий оскорбительно-презрительное название еврея — «жид». (Эвфемизм нужен был потому, что антисемитская политика государства — в отличие от гитлеровской — была лицемерной, и наличие антисемитизма официально властями отрицалось.) Еврею стало трудно поступить на работу, в учебное заведение или в аспирантуру. При этом безмерно превозносилось все русское — и в науке, и в искусстве. Упреком диссертантам часто звучало: «У вас в библиографии половина ссылок — на иностранных авторов». Чтобы получить в библиотеке иностранные научные журналы, надо было принести соответствующие ходатайства из своего учреждения с указанием, что иностранная литература необходима для работы и что учреждение гарантирует, что читатель будет «правильно» пользоваться этой литературой.

В «безродные космополиты» был зачислен и профессор Бернштейн. В статье, озаглавленной «На порочных позициях»¹, профессор А.Н. Крестовников писал: «Бернштейн нарушил принцип партийности и историзма..., вульгаризировал и извратил..., проявил низкопоклонство перед зарубежными учеными..., умалил значение И.П. Павлова..., льет воду на мельницу зарубежных физиологов... Его работы... механистичны и идеалистичны..., характеризуют антипатриотическую сущность взглядов Н.А. Бернштейна». В том же журнале (№ 4, 1949) — редакционная статья против Бернштейна «Антипатриотические выступления», статья С.Г. Страшкевича «Лженаучная теория (к критике “теории” Н.А. Бернштейна)» (№ 6, 1950), редакционная статья «Идеалистические измышления» (№ 12, 1950). К этому визгливому хору присоединилась и газета «Правда» — официальный орган коммунистической партии. То, что писала «Правда», всем полагалось воспринимать не только как истину в последней инстанции, но и как руководство к действию. И вот 21 августа 1950 года в статье П. Жукова и А. Кожина «Правда» пишет: «Бернштейн расшаркивается перед многими буржуазными учеными. Называя имя реакционера Шеррингтона и других иностранных физиологов, ... Бернштейн нагло клеветает на Павлова... “Открытие” Бернштейна — образец голый биологизации и механицизма... Путаные антипавловские поучения Бернштейна наносят прямой вред делу физической культуры». Человеку, на которого «огрызнулась» газета «Правда», грозило многое — вплоть до ареста. Слава Богу, современный молодой читатель с трудом поверит этому. Отделы кадров зорко следили за выполнением таких «руководств к действию». Все лаборатории Бернштейна были закрыты. Перепуганный новый директор Института физкультуры (ЦНИИФК), назначенный вместо смещенного И.А. Крячко, собственноручно разбивал стеклянные таблички на дверях «Лаборатория биомеханики», «Профессор Н.А. Бернштейн».

Бернштейн остался без работы... Один знакомый, встретив его, спросил: «Николай Александрович, Вы нигде не работаете?» «Что Вы! — ответил он. — Я всегда работаю; я нигде не служу». Действительно, Бернштейна лишили возможности вести экспериментальные исследования, в которых он был великим масте-

ром; его лишили заработка; но отнять у него работу можно было только вместе с жизнью. Он продолжал работать дома за своим письменным столом. И сделал очень много — создал «физиологию активности»... Один из его друзей как-то заметил: «В какое ужасное время мы живем!» Николай Александрович возразил: «Что Вы, время — замечательное: все люди как в проявитель опущены — сразу видно, кто есть кто!» Очень точное замечание. Действительно, некоторые, даже прежде близкие коллеги боялись поздороваться, встретив его на улице, — вдруг кто-нибудь увидит. А вот писатель Корней Чуковский, до того не знакомый с Бернштейном лично, после статьи в «Правде» пришел к нему домой, чтобы пожать руку.

Но вернемся к книге «О ловкости и ее развитии». Идущие сверху «руководящие указания» были обязательны и для издательства «Физкультура и спорт». Хотя книга уже набрана, подготовлены клише иллюстраций, отпечатаны гранки, выплачена часть авторского гонорара, издание книги столь одиозного автора не состоялось. И готовая верстка была уничтожена. И, похоже, книга была забыта даже теми немногими людьми, которые знали о ее существовании. Даже сам Николай Александрович в разговорах с коллегами не упоминал о ней — будто ее и не было.

Через много лет, уже после кончины Николая Александровича, я рылся в книжных полках в комнате, где он раньше жил. Его падчерица, Т.И. Павлова разрешила мне взять почитать то, что меня интересовало. И вот наверху, под самым потолком, я наткнулся на покрытый пылью полиэтиленовый мешок, в котором лежали исписанные знакомым почерком листочки засвеченной фотобумаги, переплетенные в картон. И на переплете тем же почерком написано: «Н.А. Бернштейн. О ловкости и ее развитии». Совершенно ясно, что и переплет сделан той же рукой. Невероятно — в библиотеках я не встречал библиографической карточки с таким названием. Спрашиваю у Т.И. Павловой, что в этом пакете. Отвечает: «Какие-то черновики». «А есть ли дома книга с таким названием?» «Да, помнится, где-то была. Мне даже на гонорар за нее часы купили». Но на полках не было такой книги. Т.И. Павлова разрешила мне взять этот пакет; предстоял ее переезд на другую квартиру и все равно надо было выбрасывать хлам. Дома я прочитал эти листки. И понял, что «в моей руке лежит сокровище, и ключ поручен только мне». Те-

¹ Теория и практика физической культуры. 1949. № 5.

перь я обязан издать эту книгу. Это мой долг перед памятью учителя и друга.

Вспоминается давний разговор с Николаем Александровичем. Мы шли по Погодинской улице и беседовали о разных вещах. Разговор зашел о том, что широкому кругу читателей — преподавателям физкультуры, инженерам и биологам с университетским образованием работы Николая Александровича трудны для чтения, не до конца ясны. Я сказал, что необходимо написать достаточно популярную книгу, понятную людям разных специальностей и студентам, где бы ясно и интересно были изложены его исследования и вытекающие из них выводы. «Пожалуй, Вы правы, — сказал он, — вот давайте вместе и напишем такую книгу». Вскоре Николай Александрович просмотрел и одобрил подготовленный мной план, внес кое-какие уточнения. И при этом — ни слова о том, что общедоступная книга была уже когда-то им написана. Ничего о ней не слышал я тогда и от его старых сотрудников и друзей.

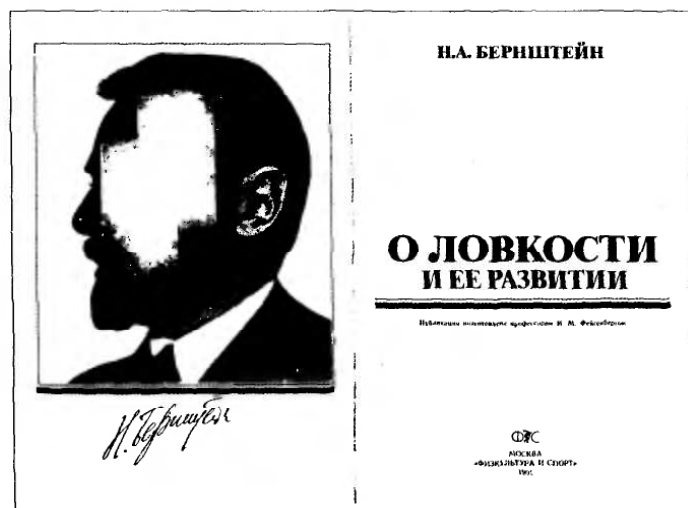
Я начал писать, а дальше работа почему-то застопорилась. Казалось, что впредь еще уйма времени, и текущие дела заставляли откладывать начатое. Николай Александрович не торопил меня, он был занят «физиологией активности». Он спешил с этой работой: знал, что время его жизни ограничено небольшим сроком. Не знал этого я, как и почти все из его окружения. И кончина Николая Александровича обрушилась как гром с казавшегося ясным неба. А после его ухода из жизни я не считал себя вправе (да и в силах) писать книгу, которую задумывали вместе. Теперь же, найдя рукопись «О ловкости и ее развитии», я понял, что издать ее — мой долг.

Но «пробить» книгу в издательстве — ой как непросто! Тем более научную, написанную несколько десятков лет назад и автор которой давно умер. И только позже, когда мне уже удалось при поддержке академика О.Г. Газенко издать основные труды Бернштейна в серии «Классики науки»², я вновь вернулся к заветным листочкам фотобумаги. Издание в серии «Классики науки» как бы «приобщило автора к лику классиков». Теперь уже в издательство «Физкультура и спорт» (то самое, где когда-то был рассыпан набор книги «О ловкости...») я принес не «устаревший мануск-

² Бернштейн Н.А. Физиология движений и активность. М.: Наука, 1990.

рипт», а никогда не публиковавшуюся книгу классика науки. А это уже совсем другой разговор!

К счастью, в издательстве оказался старый работник, который тайком сохранил для себя экземпляр верстки уничтоженной когда-то книги с собственноручной правкой Бернштейна. Теперь уже можно было учесть эту правку и — почти невероятно! — восстановить старые рисунки, те самые, которые Николай Александрович хотел видеть в этой книге (и часть которых, видимо, нарисована им самим). Иллюстрации удалось восстановить не все: плохое качество бумаги, на которой печатались гранки, делало некоторые фотографии невоспроизводимыми. Но удалось найти в архивах другие фотографии тех же спортсменов, которыми по смыслу можно было заменить невосстановимое. И только одна фотография была добавлена — ее не было в старом несостоявшемся издании. Это портрет Николая Александровича, который я воспроизвел с фотографии из семейного альбома Бернштейна.



Титульный лист книги Н.А. Бернштейна
«О ловкости и ее развитии»

И вот работа над рукописью закончена, книга издана. Да и в моей жизни назревали перемены, при которых, я не без основания опасался, сохранность рукописи была под угрозой. Да и вообще, мне казалось, что хранение ценной рукописи в частных руках ненадежно. А она может оказаться интересной тому, кто когда-нибудь займется изучением творчества Н.А. Бернштейна. И я подарил рукопись и старые гранки Отделу рукописей Государственной библиотеки СССР имени Ленина (ныне Российская государственная библиотека). Объяснил сотрудникам библиотеки, что это за рукопись, кто такой Н.А. Бернштейн и какова его роль в науке. И они обещали, что принесенные мною в дар библиотеке материалы, в том числе и эта рукопись, будут сохранены, что будет образован персональный фонд Н.А. Бернштейна. Надеюсь, что несмотря на все потрясения, постигшие Москву, обещание Библиотеки выполнено.

А биография книги продолжается. В 1996 году, к столетию со дня рождения Н.А. Бернштейна, она издана в США в прекрасном переводе на английский язык, сделанном профессором Марком Латашем. В этом же томе помещены статьи современных ученых-физиологов, показывающих развитие этого направления науки за годы, прошедшие после написания книги Бернштейном³.

Трудности управления движениями

В чем состоит сложность управления движениями человека? Казалось бы — все довольно просто: мозг посылает «приказ» соответствующей мышце, мышца сокращается и в суставе происходит движение. Но на самом деле все гораздо сложнее. Бернштейн обращает внимание на три основные причины трудностей в управлении движениями.

Даже беглое знакомство со скелетом человека и его «становым хребтом» — позвоночником — позволяет увидеть в нем многообразие подвижностей. Позвоночный столб — основное опорное сооружение всего тела — отнюдь не жесткая прочная колонна; он состоит из отдельных позвонков, между которыми множество подвижных сочленений. В области шеи они обеспечивают точ-

ность и устойчивость в смещениях и поворотах головы — «наблюдательной вышки» всего тела. С туловищем соединены посредством шарниров четыре многозвенные рычажные системы конечностей. Изумительно богатство и точность движений кистей и пальцев рук. Подвижность языкоглоточного аппарата формирует речь. Движения двух глазных яблок, образующих единый орган зрения, позволяют следить за движущимся предметом, получать на сетчатке четкое изображение, приспосабливаться к различной яркости освещения; и все это обеспечивается строго согласованной работой 24-х глазных мышц, работающих с утра до вечера.

Потребовалось бы сверхсложное распределение внимания, если бы все эти элементы сложного движения должны были управляться сознательно, с обращением внимания на каждый из них.

Многообразие, богатство подвижности органов движения человека составляет первую трудность управления движениями: множество суставов и мышц, необходимость одновременной и слаженной работы большого их количества, распределение внимания между десятками и сотнями видов подвижности.

Более серьезная трудность управления двигательным аппаратом становится ясной, если сравнить тело человека с искусственными механизмами. За очень редкими исключениями они устроены так, что каждая их точка движется все время по одному и тому же определенному пути; траектория движения каждой точки имеет лишь одну степень свободы. Наличие двух степеней свободы давало бы ей возможность двигаться по любой траектории в пределах какой-то поверхности (например, по куску плоскости) — как кончик пера по бумаге без отрыва. Появляется бесконечное разнообразие путей для кончика пера или любой точки, с двумя степенями свободы. Кисть руки человека имеет по отношению к предплечью две степени свободы. Три степени свободы — это возможность перемещения в некотором объеме пространства.

Таким образом, при наличии более чем одной степени свободы точка или часть движущейся системы могут осуществить выбор любой из бесчисленного множества доступных траекторий. Человек, совершающий движения, делает выбор из этого множества, и, например, перо в его руках совершает движения по одной строго определенной траектории и оставляет на бумаге тот след (рисунок, текст), который нужен человеку. Машины сделать этот выбор в полной мере пока не могут.

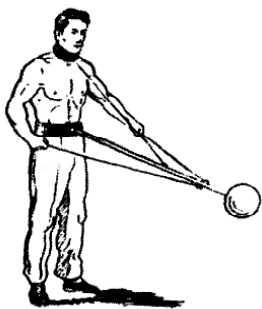
³ Latash M.L., Turvey M.T. (Eds.) *Dexterity and Its Development*. N.J.: Mahwah, 1996.

Вторая трудность в управлении движениями состоит в преодолении огромного, непомерного избытка степеней свободы, которыми насыщено наше тело. Это преодоление возможно только тогда, когда человек получает информацию о положении движущегося органа в каждый момент времени, информацию о том, к каким результатам привели его двигательные команды. Результат же зависит не только от них, но и от разных внешних факторов, помех, не подвластных человеку.

Третья существенная трудность в управлении движениями связана с тем, что мышцы, осуществляющие движения, — упругие, а не жесткие двигатели. Каждое направление движения (его называют степенью свободы) обеспечено парой мышц противоположного действия — мышц-антагонистов. Одна мышца сгибает сустав, другая — разгибает его. Сокращаясь под влиянием «команды» из центра, мышца тянет кость в свою сторону: толкать не может, только тянет. Но мышцы-антагонисты, работая согласованно, хорошо осуществляют движение в обоих направлениях.

Однако в упругой податливости мышечной ткани таится гораздо более существенная трудность управления движениями, чем то, что мышца может только тянуть в свою сторону и требует хорошей координации с мышцей-антагонистом. Чтобы ясно почувствовать это, можно провести такой эксперимент.

Пристегните к поясу стержень с грузом на конце. Две эластичные тяги (например, резиновые ленты или трубки) прикреплены к дальнему концу стержня, а свободные концы этих тяг — к правой и левой руке (как показано на рисунке). Третья эластич-



Опыт, демонстрирующий трудности в управлении движениями груза посредством эластичных тяг. При закрытых глазах эти трудности значительно возрастают

ная тяга связывает стержень с шеей человека (и уравнивает силу тяжести). Теперь попробуйте с помощью резиновых тяг в руках проделать какое-либо точное движение концом стержня — например, написать свои инициалы или даже более простое — изобразить в воздухе квадрат. Это окажется очень непростым делом. А если попытаться проделать это с закрытыми глазами, то наблюдающий за экспериментом ваш друг расскажет вам, какие замысловатые и беспорядочные фигуры выписывал в воздухе конец стержня. Если же в этом опыте сделать тяги не эластичными, а жесткими, конец стержня окажется более послушным и будет описывать в воздухе задуманную вами фигуру. При эластичных тягах повторное воспроизведение тех же движений рук человека будет приводить каждый раз к новому результату — движения конца стержня будут другими и неожиданными. Дело в том, что результат зависит не только от движения рук управляющего тягами человека, но и от множества побочных причин, ему не подвластных. Чтобы скорректировать влияние этих побочных воздействий, управляющий стержнем человек должен внимательно следить за результатом, к которому привели его команды, и в зависимости от отличий (отклонений) фактического результата от желаемого давать новые команды, исправляющие эти отклонения. Итак, управление движением оказывается возможным только при непрерывном контроле за результатом, к которому на каждом этапе привело управление. Необходим непрерывный контроль какого-либо органа чувств. Только с помощью такого слежения могут вырабатываться корректирующие команды и будет преодолеваться избыток степеней свободы подвижности.

Принцип сенсорных коррекций

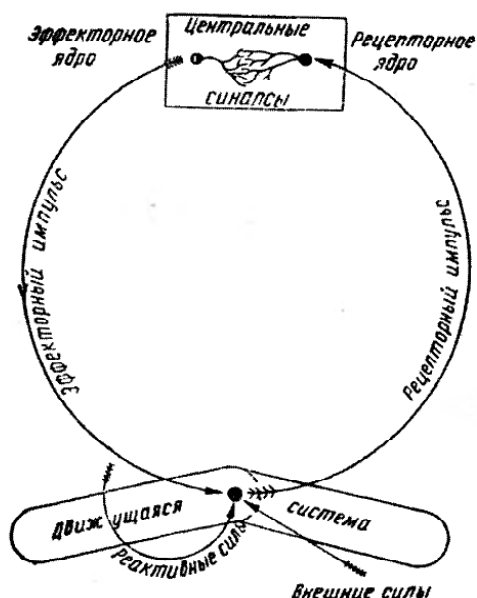
Такой сложности управления движениями, как в живом организме, нет ни в одной из существующих технических систем.

В 1930-х годах принцип внесения непрерывных поправок (коррекций) в движение на основании показаний органов чувств Бернштейн назвал принципом сенсорных коррекций. Слово «сенсорный» означает по-латыни «относящийся к чувствительности».

До исследований Бернштейна принято было считать, что выполнение произвольного движения полностью осуществляется двигательными системами организма: из двигательных центров

мозга импульсы («приказы») идут по двигательным нервам к мышцам и вызывают сокращение последних. Такой же разомкнутой представлялась и структура рефлекторного движения: рецептор (аппарат, преобразующий какое-либо внешнее воздействие в нервные импульсы) — чувствительные нервы — нервные центры — двигательные нервы — мышцы.

Оказалось, что дело обстоит не так просто. Каждый залп двигательных импульсов из мозга в мышцу вызывает новый залп импульсов — от чувствительных аппаратов мышц и суставов в мозг. На основании этих сигналов в мозгу возникает новый сигнал к мышцам — сигнал, корректирующий движение. Таким образом, управление движениями осуществляется не разомкнутой системой типа рефлекторной дуги, а замкнутой системой кольцевого



Простейшая схема кольцевого управления движениями, сменившая представление о разомкнутой рефлекторной дуге

типа. Разрыв такого кольца в любом месте ведет к распаду движения, к нарушению координации движений.

Основную роль в сенсорных коррекциях выполняет мышечно-суставное чувство. Поэтому, например, так трудно вдеть нитку в игольное ушко замерзшими пальцами, потерявшими тонкую чувствительность.

Но и другие органы чувств участвуют в сенсорных коррекциях. Яркая иллюстрация этого: с закрытыми глазами трудно перенести стакан, доверху наполненный водой, с одного стола на другой, не расплескав воды. С открытыми же глазами это вполне выполнимо.

В конце 1940-х годов возникла новая наука — кибернетика — наука о процессах управления в сложных динамических системах (технических и биологических). Ее основоположником считают американского математика Норберта Винера. Одним из фундаментальных принципов управления в кибернетике является наличие обратной связи — непрерывного потока информации о состоянии исполнительных органов системы к центральной, управляющей части. Так через десяток лет после исследований Бернштейна принцип кольцевого управления завоевал всеобщее признание. Но более ранний термин Бернштейна «принцип сенсорных коррекций» кажется мне лучше отражающим суть дела, чем термин «принцип обратной связи».

Как же нервная система животных научилась управлять их движениями?

В процессе эволюции движения животных претерпели огромные изменения.

В теплых водах первобытного океана обитали коралловые полипы, голотурии, губки, морские лилии, морские звезды. Движения их были медленными, «неохотными», ни на что не нацеленными. Пока их ничто не тронет, они неподвижны, напоминая растения; при прикосновении к ним начинаются общие неупорядоченные движения тела. При таком уровне движений никакой чувствительности, кроме контактной (прикосновение к телу), и не нужно. Эти животные имели округло-симметричные формы тела с ротовым отверстием посередине. Вслед за ними пришли животные с продолговатой, колбасовидной формой, с пищеварительной трубкой, тянувшейся вдоль всего тела — от ротового от-

верстия на одном конце до заднепроходного на другом конце. В дальнейшем из них развились черви и моллюски. Ротовой конец тела стал активным концом: он движется вперед, он ищет питание и первым сталкивается с добычей, а также и с опасностью. Переднему концу движущегося животного особенно важно тонко и своевременно ощутить свойства того, с чем он соприкоснулся, к чему приближается. И на этом переднем конце чувствительность обостряется. Причем кроме древней контактной чувствительности (осязательной, температурной, вкусовой, химической) на переднем, ротовом конце тела развиваются новые, более совершенные органы чувств (рецепторы), способные чувствовать на расстоянии — телерецепторы, дальнедействующие рецепторы. Из органа контактной химической чувствительности, вкуса, развился обонятельный телерецептор. Из контактной осязательной чувствительности развилась чувствительность к вибрациям окружающей среды, а затем и орган слуха — чувствительность к звуковым сигналам. Контактная температурная чувствительность преобразовалась сперва в восприимчивость к лучистой теплоте, а затем в чувствительность к световым лучам — в орган зрения.

Появление «дальнобойных» рецепторов — телерецепторов — обусловило огромный рост объема мира, доступного восприятию животного. Приспособления особи, которая способна почувствовать добычу или опасность раньше, чем непосредственно наткнется на нее, очевидны. Обнаружив на расстоянии добычу, животное, обладающее телерецепцией, может двигаться к ней. Вместе с телерецепцией в чувствительной сфере появляется локомоция в двигательной — способность перемещаться всем телом, приближаясь к обнаруженной на расстоянии добыче или удаляясь от опасности.

На этом этапе эволюции возникли новые требования к нервной системе. Локомоции требуют уже не местных реакций, а согласованной, объединенной деятельности мышц всего организма, перемещающей его как единое целое. Нервные центры развились на переднем конце организма — «капитанском мостике», на котором находятся все телерецепторы. Отсюда открывается наиболее широкий обзор. Нервные центры объединяют работу всей мускулатуры тела, возглавляют движение — берут на себя инициативу того, когда и какое движение произвести. То, что замечено организмом издали, замечено и загодя: животное имеет вре-

мя, чтобы предпринять необходимые планомерные действия для нападения или самообороны. А это, в свою очередь, ведет к развитию зачатков памяти (способной удерживать всю цепочку запланированных действий), соображения (пригодного для изобретения подходящей цепочки действий), ловкости (позволяющей найти действенный выход из трудного положения).

Так получилось, что рот создал телерецепторы, а последние создали головной мозг.

У низших животных ощущения обслуживаются и обеспечиваются с помощью движений. У высших животных, обладающих поперечнополосатой мускулатурой, движения управляются и направляются ощущениями. У древнейших бесскелетных животных с медлительной гладкой мускулатурой не было потребности в тонком управлении движениями, для которого нужен непрерывный контроль со стороны органов чувств. Ведь такой контроль необходим для сверки текущего движения с тем, что было запланировано (в этом суть сенсорных коррекций). А для этого нужен мозг, способный планировать предстоящее движение, и память, способная сохранять запланированное и выполнять в правильном порядке части сложного цепного действия.

Очень существенным новшеством явилось развитие у позвоночных животных конечностей.

У рыб конечностей нет. Для передвижения в воде рыба работает хвостом и непарными спинными и брюшными плавниками, которые своими змеистыми колебаниями «ввинчиваются» в воду. Боковые плавники служат в основном рулями глубины и направления.

У земноводных животных появились конечности — орудия передвижения по неоднородному пространству (орудия локомоции). А это уже требовало обогащения центральной нервной системы, дальнейшего развития головного мозга. Нервные ядра головного мозга лягушки полностью надсегментарны (в отличие от сегментарного строения спинного мозга). За более древними отделами нервной системы (которые были у рыб) у земноводных сохранилось управление туловищем. Более молодые отделы нервной системы, появившиеся у земноводных, взяли на себя управление конечностями и локомоциями.

По ходу эволюции животных моторика их становилась богаче и совершеннее. Движения обогащаются по силе, скорости, точ-

ности и выносливости. Двигательные задачи, которые приходится решать животным, становятся сложнее и разнообразнее.

Набор движений рыбы состоит почти целиком из локомоций — плавания и немногих простейших охотничьих движений. Для рыб характерны волнистые, плавные движения, охватывающие все тело — от головы до хвоста. У земноводных, кроме плавания, есть способность ползать, прыгать, издавать звуки. В движениях земноводных главную роль играют конечности (в отличие от туловищного стиля моторики рыб). Пресмыкающиеся уже освоили передвижение по суше и по воздуху. Среди них были и маленькие существа и гиганты, достигавшие десятков метров в длину. Ящеры могли и бегать, и летать, и плавать, и прыгать. В отличие от все время двигающихся рыб, они могли застыть на месте, умели двигаться медленно или мчаться стрелою, делать точные целевые броски, прекрасно сохранять равновесие. Движения млекопитающих еще сложнее и разнообразнее: тут и хитрость лисицы, и чуткий поиск охотничьей собаки, и коварная засада тигра. Становится все больше непредвиденных, нешаблонных задач, которые животное должно решить «на ходу», когда принять решение и осуществить его нужно за доли секунды. Млекопитающее способно к точным, метким, сильным целесвым движениям: нацеливание, прикосновение, схватывание, точный и сильный удар, далекий и меткий бросок, верный и точно рассчитанный нажим. А затем развивается множество смысловых цепных действий, а еще позднее — обращение с предметами, применение орудий и инструментов и, наконец, разумный труд.

Новые двигательные задачи неотвратимо требовали овладения новыми сенсорными коррекциями. Базой для каждого нового класса коррекций всегда служит новый анатомический мозговой этаж. Это приносит с собою новый список движений, новый перечень освоенных координат, который присоединяется к более древним, существовавшим и раньше. Так возникает очередной физиологический уровень построения движений.

Уровни построения движений

Усложнение двигательных задач требовало совершенствования нервного аппарата, управляющего движениями. За более древними центрами мозга сохранялось управление туловищем. Над ста-

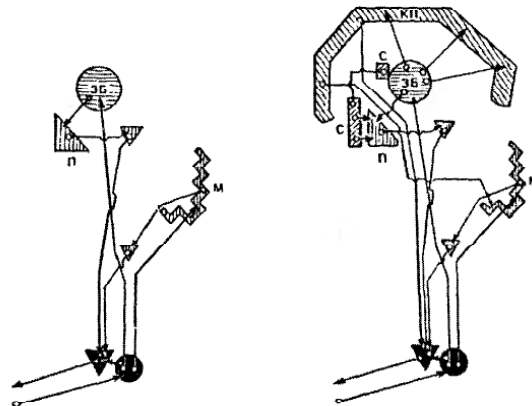


Схема обрастания мозга по ходу его развития. Обозначения: П — паллидум, ЗБ — зрительный бугор, С — стриатум, М — мозжечок, КЛ — кора полушарий большого мозга. Слева — ступень развития рыбы и лягушки: внизу (черные) — ядра спинного мозга; верховными центрами являются: зрительный бугор (чувствительный) и паллидум (двигательный). Справа — мозг человека с надстроившимися поверх нижних новыми этажами — центрами: стриатумом и корой полушарий

рыми «этажами» нервной системы возникали новые — создавалась иерархическая система, где новые образования подчиняют себе более древние.

Каждый уровень осуществляет определенный класс движений. Более древние уровни осуществляют движения, являющиеся фоновыми для движений более высокого (и филогенетически более позднего) уровня. У каждого уровня — своя сенсорная сфера, предоставляющая необходимую ему информацию, своя мозговая организация.

Уровень мышечного тонуса (А)

Уровень А — наиболее древний из рассматриваемых Бернштейном уровней построения движений. Он унаследован людьми от древних предков — рыб, старейших из позвоночных животных. Рыбы живут в воде и находятся как бы в невесомости — сила тя-

жести скомпенсирована выталкивающей силой воды, в которую погружена рыба. Рыба не имеет конечностей. Ее движения плавны, текучи, упруги; «это приспособительное, подвижное поддержание, которое представляет собою своего рода смесь равновесия и движения». Твердых, резких движений у рыб нет — они появятся только у животных, вышедших из воды на сушу; тогда появятся и конечности.

У здорового человека движения, «сольно» выполняемые уровнем А, встречаются редко, возможно в ситуации равновесия с окружающей средой, когда не ощущается действие силы тяжести.

Таковы, например, движения парашютиста в состоянии свободного падения до раскрытия парашюта. Опытный парашютист летит не напрягаясь, лишь легко шевеля руками и ограждая себя от перехода в штопор; тело как бы само принимает нужное положение. Эти плавные движения, даже скорее не движения, а выравнивающие шевеления, наклоны и скругления тела очень напоминают движения водных существ. Такова же моторика лыжника при прыжке на лыжах с трамплина. Такова и моторика космонавта на околоземной орбите, где сила тяжести «снимается», уравновешивается центробежной силой — и возникает невесомость.

Однако из того, что у человека движения, управляемые самостоятельно уровнем А, очень редки, не следует, что этот уровень не играет существенной роли в моторике человека. Он является тем фоном, без которого были бы невозможны движения более высокого уровня. Уровень А обеспечивает всем мышцам тела тонус, т.е. фоновое напряжение, на основе которого более высокие уровни могут рисовать узоры выводимых ими быстрых, ловких или силовых движений. Кроме того, уровень А участвует в координации движений, например, согласовывая (координируя) работу мышц-антагонистов. Уровень А управляет возбудимостью не только мышц, но и спинно-мозговых нервных клеток, посылающих мышцам пусковые сигналы. Уровень А делает с пусковыми клетками и мышцами то, что делают с цилиндрами паровых машин их золотниковые механизмы, включающие в нужный момент одни цилиндры и выключающие другие.

Действия уровня А почти все произвольны и чаще всего ускользают от сознания, не прекращаясь и во сне. Они управляются частично спинным мозгом, центрами ствола мозга (система «красного ядра»), нижними отделами мозжечка. Бернштейн на-

звал этот уровень рубро-спинальным (по названиям «красных ядер» — *nucleus ruber* — и спинного мозга).

Для осуществления функций на уровне А центральная нервная система должна получать информацию о величине и направлении мышечных напряжений и усилий, о положении частей тела относительно друг друга, о положении тела в пространстве и о величине и направлении ускорений (информация об этом поступает из отолитового аппарата уха, реагирующего на ускорение).

Уровень мышечно-суставных увязок — уровень синергий (В)

Уровень мышечно-суставных увязок у позвоночных — современник их конечностей. Он появился как ключ к решению определенного класса двигательных задач — локомоций по суше, а затем и по воздуху.

Уровень В у человека управляет большими «хорами» мышц, увязывает между собой их совместные действия (синергии). Он управляет ритмом движения, обеспечивая чередование работы мышц сгибателей и разгибателей суставов. Он обеспечивает одинаковость последовательных циклов при всевозможных ритмических движениях — шагов при ходьбе, движений руки при работе пилой, напильником и т.п. Это тесно связано с образованием двигательных навыков и с автоматизацией движений.

Принцип сенсорных коррекций очень отчетливо проявляется на уровне В. Двигательные ядра этого уровня расположены в самой глубине головного мозга — это так называемые бледные шары (паллидум). От них нервные сигналы идут вниз к красным ядрам, находящимся на уровне А.

Сенсорными ядрами уровня В являются расположенные внутри мозга зрительные бугры (по-гречески — *thalamus opticus*). Зрительными их назвали когда-то по недоразумению — к зрению они имеют очень мало отношения. К таламусам приходят сигналы от всей осязательной и всей суставно-мышечной чувствительности тела. К нервным ядрам, примыкающим к таламусам, поступают сигналы от органов зрения, слуха, обоняния, чувствительные сигналы от внутренних органов. Поэтому роль таламусов в сенсорных коррекциях очень велика. Но по отношению к телерецепторам роль таламусов в основном служебная — передача сигналов на более высокие уровни. Главную же роль в работе сенсорных коррекций на уровне В играют сигналы, идущие от самого тела, —

осязание, боль, суставно-мышечное чувство. Для уровня В существенна информация об углах, под которыми согнуты суставы, о скорости перемещения в суставах, о силе и направлении давления на мышцы и глубокие ткани конечностей и туловища.

Роль уровня В в локомоциях (ходьбе, беге) можно сравнить с ролью бортмеханика на самолете, который следит за правильной работой моторов и всех приборов управления. Роль летчика-пилота — вести машину по нужному курсу, выправлять ее при качаниях, воздушных ямах, изменениях ветра. Забота о том, что внутри самолета, переложена на бортмеханика. Однако если внутреннее хозяйство самолета нарушено, дезорганизовано — то ведение его по нужному курсу окажется невыполнимым.

Так происходит и с уровнем В при локомоциях: он обеспечивает внутреннее управление движениями, чаще всего не осознаваемое, являясь фоновым по отношению к более высоким уровням. Последние осуществляют локомоцию, используя в основном телерецепторы, доставляющие информацию о существенных особенностях окружающей среды, в которой движется организм.

Уровень пространства (С)

В восприятии окружающего пространства участвуют все органы чувств и сохраняемый памятью прошлый опыт человека. Он не только правильно воспринимает окружающее его пространство, но и владеет им. Это значит, что он может безошибочно попасть пальцем (или находящимся в его руке предметом) в любую видимую им точку, т.е. включить в работу то сочетание мышц, с той силой и последовательностью, которые нужны для выполнения этого действия. В более отдаленную точку человек может попасть с помощью меткого броска.

Поле пространства располагается вокруг человека, и мы уверенно воспринимаем его как нечто несдвигаемое. Поворот головы или всего тела не вызывает ощущения, что повернулся окружающий мир, хотя непосредственные ощущения от органов чувств говорят именно о последнем. Окружающее пространство представляется нам однородным, хотя, например, глаз видит близкие предметы большими, а далекие — маленькими. Обработка мозгом сырых впечатлений органов чувств такова, что до нашего сознания доходит уже целостное и слитное восприятие пространственного поля — его обширности, несдвигаемости и

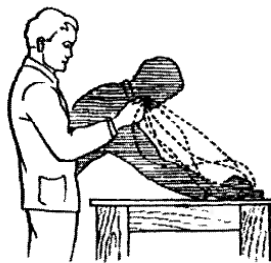
однородности. Мы отчетливо воспринимаем размеры предметов и расстояния между ними, их форму, верно оцениваем углы и направления.

Бернштейн приводит замечательно точное описание волка, данное Джеком Лондоном («Белый Клык»): «Другим его преимуществом была способность верно оценивать время и расстояние. Он, понятно, не делал этого сознательно. Все было автоматически. Его глаза видели верно, а нервы верно передавали виденное его мозгу. Он обладал наилучшей, умственной и мышечной координацией. Когда его глаза препровождали в мозг движущееся изображение действия, то мозг его, без осознаваемого усилия, знал уже то пространство, в котором заключено действие, и то время, которое требуется, чтобы выполнить его».

Для работы уровня С (в отличие от уровней А и В — в основном «фоновых») особенно важны телерецепторы (зрение, слух, обоняние), благодаря которым организм может воспринимать пространство; с помощью рычажных конечностей это пространство становится доступным.

Типичные движения уровня пространства — переместительные. Перемещения производятся отсюда-то, куда-то и зачем-то. Они преодолевают внешнюю силу, изменяя положение тела или какой-то вещи. Все эти движения целенаправлены, приводят к определенному конечному результату (заранее намеченному). А это возможно только с помощью точных и метких движений.

Коррекции уровня пространства следят за смысловой, конечной частью движения. Промежуточные этапы движения играют второстепенную роль.



Точные движения управляются уровнем С. Многократное повторение точного движения (например, взятие мелкого предмета с одного и того же места): концы всех повторяющихся движений точно сходятся на предмете; пути же движения руки каждый раз иные

Если сравнить управление движением тела с управлением самолетом, то уровень пространства (С) выполняет функцию пилота, ведущего самолет по намеченному маршруту, к намеченной цели и выправляющего сбой в этом движении, наступающие от внешних помех — ветра, воздушных ям. А работа бортмеханика сравнима с работой фоновых уровней А и В: он следит за исправной работой внутренних систем самолета — двигателей, многочисленных приборов. Сенсорные коррекции для уровня С связаны с «дальнобойными» органами чувств, следящими за окружающим пространством и за собственным положением в этом пространстве. Для этого уровня важен сенсорный синтез, в котором участвуют и зрение, и суставно-мышечная чувствительность, и органы равновесия. Сенсорные же коррекции уровней А и В связаны со сбором информации о «внутреннем хозяйстве»



Циклографическое изучение движений будущего космонавта (Волынов) в условиях кратковременной невесомости. Лампочки укреплены на I фаланге указательного пальца, на лучезапястном и локтевом суставах. Съемка ведется через обтюратор. На циклограмме видны: более частые следы лампочек при медленном сгибании локтевого сустава и более редкие следы лампочек при быстром прицельном опускании руки. Локтевой сустав почти не смещается

организма — о состоянии его мышц, суставов, об углах и ускорениях частей тела относительно друг друга.

Итак, для уровня С характерны целевые переместительные движения; они всегда имеют начало и конец, приводят к определенному конечному результату, к достижению какой-то цели. Движениям уровня пространства присуща определенная точность и меткость.

Самые древние и основные движения уровня пространства — это локомоции — перемещения в пространстве собственного тела (ходьба, бег, прыжок). В этих движениях участвуют почти все мышцы тела; огромную работу по координации действий этих мышц играют фоны из уровня мышечно-суставной увязки (В).

В ведении уровня С оказываются движения всего тела, но (в отличие от локомоций) не перемещающие человека с одного места на другое. Это многие спортивные движения, акробатика, балет.

Этот же уровень управляет точными, целенаправленными движениями рук (и других органов) в пространстве, где проявляется беглость и точность движений (например, движения рук пианиста).

В ряде движений этого уровня на первый план выступает преодоление сопротивлений (подъем тяжестей, подтягивание своего тела на кольцах, натягивание лука и многие другие). Точный удар, меткий бросок в цель также осуществляются уровнем С.

Все эти движения нуждаются в фонах из нижележащего уровня мышечно-суставных уязок.

Мозговые структуры, управляющие уровнем пространства, — это кора головного мозга и более древнее подкорковое «полосатое тело», которое осуществляет координацию движений в пространстве. В ведении коры головного мозга оказались произвольные действия, в ведении полосатого тела — непроизвольные.

Уровень действий (D)

Уровень действий с полным правом можно назвать человеческим, хотя зачатки его можно встретить уже у лошади, собаки, слона. В развернутом виде он имеется только у человека.

Действия — это не просто движения. Действия — это целая цепочка движений, каждое из которых приближает к решению некоторой двигательной задачи. Все движения этой цепочки связаны смыслом решаемой задачи. Решение задачи (достижение

результата) возможно только при выполнении всех звеньев и в определенной последовательности. Труд человека, его быт полны такими цепочками. Причем цепочки эти изменчивы — они каждый раз приспосабливаются к конкретным условиям так, чтобы в результате была решена двигательная задача. Действие чаще всего совершается с каким-либо предметом. Но если на уровне С осуществлялось только перемещение предмета, то на уровне D достигается некоторый результат — из глины возникает сосуд или статуя, металлическая деталь обрабатывается, футбольный мяч забивается в ворота. При этом в цепочке движений, составляющих действие, могут быть и такие движения, которые передвигают вещь совсем не туда, куда она должна попасть в конечном счете — в результате решения задачи. Винт извлекается не выдергиванием, а вывинчиванием.

К действиям принадлежит и речь. Цепь последовательных движений языка, губ, голосовых связок объединена общим смыслом, совсем не сводящимся к перемещению чего-либо.

Уровень действий, как уже говорилось, — специфически человеческий уровень, на котором существенна смысловая сторона действия. Но и у человека он развивается не сразу. До пяти-семи-летнего возраста ребенок еще почти не выходит из круга движений уровня пространства.

Сенсорные коррекции уровня действий значимо отличаются от сенсорных коррекций нижележащих уровней. Для уровней А и В чувствительная сигнализация, необходимая для управления движениями, идет от рецепторов. Для уровня С эта сигнализация уже очень далека от сырых впечатлений, даваемых органами чувств, — это сложно переработанный синтез («пространственное поле»), включающий и хранимые памятью следы прошлого опыта. Для уровня D этот синтез еще более сложен. В нем совсем немного прямых чувственных впечатлений: основную роль играют представления о плане действия, о порядке и связи его частей между собой. Сенсорные коррекции уровня действий исходят из смысловой стороны информации о предметах, из наблюдения за тем, делает ли очередное текущее звено (движение) то, что от него требуется по смыслу решаемой двигательной задачи. Все остальные подробности «передоверяются» нижележащим уровням.

Из мозговых структур, способных реализовать работу уровня действий, нужным требованиям отвечает только самая молодая

структура — кора больших полушарий головного мозга. И в значительной степени — специфические для человека участки коры, в том числе — участки, ведающие речью.

Итоги второго периода творчества Бернштейна

Конец 1940-х годов можно рассматривать как конец второго периода в творчестве Бернштейна, хотя деление носит условный характер. Все его творчество, вся его жизнь отличались удивительной цельностью. Несмотря на все трудности, его жизнь выглядит так, будто является реализацией заранее намеченного пути к достижению поставленной цели.

Попробуем бросить беглый взгляд на этот период, подвести итог тому, что было сделано.

На основе анализа биомеханики двигательного акта с учетом свойств органов движения как сложной кинематической цепи с большим числом степеней свободы и с учетом воздействия «пассивных» физических сил был установлен способ достижения однозначного соответствия центральной задачи и периферического результата при их неоднозначном соответствии эффекторным (двигательным) командам. Это осуществляется путем сенсорной информации о достигнутом эффекте, сличением того, что должно быть (образа результатов действия), с тем, что уже реально достигнуто, и выработкой на основе выявленных рассогласований корректирующих эффекторных сигналов. В результате детально обоснованию и разработке с привлечением нужного математического аппарата подвергся четко сформулированный Бернштейном принцип сенсорных коррекций (обратной связи) — один из фундаментальнейших в науке об управлении. Задача управления многозвенными исполнительными органами с большим числом степеней свободы была определена как устранение избыточных степеней свободы. Как следствие упомянутых принципиальных положений были разработаны важные общие вопросы мозгового отображения внешнего мира и направленного на его преобразование воздействия, с выяснением роли метрических и топологических характеристик, неправомомерности прямого соотношения внешней функции со структурой мозга. В свете последнего вырисовалась ясная альтернатива как локализационистскому, так и эквипотенциалистскому подходу, в соответствии с

которым все участки коры мозга обладают одинаковыми возможностями. Согласно взгляду Бернштейна, морфологически различные структуры мозга выступают в качестве особых операторов, обеспечивающих осуществление любой функции мозгом как целым. Развивая эту идею и опираясь на накопившиеся факты, Бернштейн со временем пришел к представлению о том, что морфологические различия в структуре мозговых зон отражают особенности организации конкретной нервной сферы, выступающей как оператор. Локализованными в мозгу оказываются не внешние функции (речь, моторные действия и т.д.), а операции (дизъюнкция, конъюнкция и т.д.). В этих вопросах современная экспериментальная нейрофизиология только сейчас начинает подтверждать идеи Н.А. Бернштейна и глубоко понимать их значение.

Детальная разработка принципов управления именно двигательной системой с выяснением иерархической многоуровневой (по вертикальному принципу) организации такого управления, с анализом возможной роли разных этажей центральной нервной системы составила основное содержание второго этапа творческой деятельности Н.А. Бернштейна.

Второй период творчества Бернштейна связан с созданием общей теории построения движений. Детальному изучению были подвергнуты механические силы, действующие на движущийся орган, и иннервационная структура двигательных актов, ограничивающая число степеней свободы в сложной кинематической цепи.

Общие принципы управления движениями привели Бернштейна к представлению об иерархической структуре сложных систем управления (в этом он тоже был предтечей кибернетики). Бернштейн показал определяющую роль афферентации в построении движений. Появление в филогенезе более высоких уровней центральной нервной системы связано не с узурпацией ими функций низших уровней (бывших ранее высшими), а с усложнением возможностей управления движениями, с усложнением функций низших уровней. Бернштейн исследовал механизмы автоматизации и дсавтоматизации (на материале патологии) движений. Он выявил несостоятельность узкого локализационизма: в мозгу локализуются лишь операторы логических процессов, а не сами внешние функции. Было показано, как из афферентации вырастает субъективное пространство, из пространства — предмет, а из предмета — наибо-

лее обобщенные объектные понятия. Из эффекторики же вырастает субъективное время, из времени — смысловое действие, из последнего на наиболее высоких уровнях — поведение и, наконец, верховный синтез поведения — личность или субъект. Н.А. Бернштейн анализирует предметный уровень движений, где ведущим является не чисто физический пространственный, а смысловой образ, в котором фиксировано значение предмета. Предмет выступает не как физический стимул, а как носитель конкретно-исторического опыта. В этом проявилась близость идей Н.А. Бернштейна с идеями Л.С. Выготского. Характерной особенностью этого уровня является преобладание топологических характеристик объектов внешнего мира, а не их метрики, «свойство безразличия к масштабу и положению производимого движения».

Работы Бернштейна открыли новые возможности анализа двигательных расстройств при поражении различных отделов мозга. Основанное на идее Бернштейна изучение моторики людей с различными поражениями нервной системы позволило не только принципиально изменить представления о «локализации функций» в нервной системе, но и разработать эффективные приемы восстановления нарушенных функций, что оказалось крайне важным для лечения раненых в период Второй мировой войны.

В послевоенные годы идеи Н.А. Бернштейна были использованы при конструировании протезов верхних и нижних конечностей, шагающих автоматов и при разработке соответствующих управляющих устройств на основе электронных вычислительных машин.

ГЛАВА V. ФИЗИОЛОГИЯ АКТИВНОСТИ

В удушливой атмосфере

В 1947 году вышла в свет книга «О построении движений». В 1948 году за эту книгу Бернштейн получает Сталинскую премию — в то время высшую награду за научные достижения в СССР. Но это было время, когда быстро набирало силу сталинское преследование лучших представителей культуры, науки, искусства. Еще 14 августа 1946 года вышло постановление ЦК Коммунистической партии «О журналах “Звезда” и “Ленинград”», шельмующее поэта Анну Ахматову и писателя Михаила Зощенко. В конце 1947 года газета «Правда» публикует статью «Об одной антипартийной группировке театральных критиков». В ней разоблачали «враждебную сущность космополитов»: «Критики утратили свою ответственность перед народом, являются носителями глубоко отвратительного для советского человека безродного космополитизма... Им чуждо чувство национальной советской гордости». 13 января 1948 года был убит великий артист Соломон Михайлович Михоэлс, а вслед за этим развернулась кампания борьбы с «безродными космополитами», под которыми прежде всего понималась еврейская интеллигенция. В том же месяце принимается постановление ЦК Коммунистической партии, гонимое лучших композиторов России того времени. Шостакович, Прокофьев, Мурадели объявляются сторонниками «...антинародного формалистического направления в музыке, ...проповедующего безыдейность, преклонение перед разлагающейся буржуазной культурой Запада».

В июле-августе 1948 года удар обрушивается на биологическую науку — под руководством Т.Д. Лысенко проходит сессия Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук имени Ленина (ВАСХНИЛ), на которой были разгромлены лучшие представители научной генетики.

В том же году в Москве закрывается Государственный музей нового западного искусства.

В январе 1949 года арестованы члены Еврейского антифашистского комитета — среди них замечательный физиолог, академик, семидесятилетняя Лина Соломоновна Штерн. Начинается подготовка дела о «врачах-убийцах», «отравителях в белых халатах».

В июне-июле 1950 года прошла «Научная сессия Академии наук СССР и Академии медицинских наук СССР, посвященная проблемам физиологического учения академика И.П. Павлова», где жесткой критике были подвергнуты известные физиологи — и, прежде всего, любимый ученик Павлова академик Леон Абгарович Орбели.

Рассмотрим подробнее звенья страшной цепи событий, касающиеся биологических наук.

31 июля — 7 августа 1948 года на сессии Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук имени В.И. Ленина выступил президент ВАСХНИЛ Т.Д. Лысенко с докладом, направленным на разгром научной генетики, основание которой заложили классические исследования Менделя, Моргана, Вейсмана. Полную несостоятельность этого доклада, воинствующую безграмотность автора, я проиллюстрирую здесь лишь тем определением, которое Лысенко дает понятию наследственности: «Наследственность есть свойство живого тела требовать определенных условий для своей жизни, своего развития и определенно реагировать на те или иные условия»¹. Даже думающему школьнику понятна нелепость этого определения: в нем нет ни слова о смене поколений живых существ, в которых проявляется наследственность. Но на сессии возражать было опасно: доклад Лысенко был заранее одобрен и санкционирован Центральным комитетом Коммунистической партии и самим Сталиным. Больно читать в стенографическом отчете этой сессии ВАСХНИЛ, например, выступления академи-

¹ О положении в биологической науке. Стенографический отчет сессии Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В.И. Ленина. М., 1948. С. 28.

ка П.М. Жуковского, на которого, в числе многих других, ополчился Лысенко. В первом выступлении Жуковский основательно, логично показывает правоту хромосомной теории наследственности. Лысенко и его приспешники перебивают Жуковского, не дают ему говорить, но он мужественно доводит до конца свое выступление. И вот на последнем заседании сессии, уже после заключительного слова Лысенко, которое он начал с того, что его доклад одобрен ЦК партии, Жуковский снова просит слова для заявления. На трибуне — сломленный человек. Нет и тени научной дискуссии. «Мое выступление два дня тому назад было неудачным, ...было последним выступлением с неправильных биологических и идеологических позиций...» Ученый сломлен, он понял, что дело идет не о научном обсуждении проблем, а об устранении неудобных. Может быть, вспомнил судьбу замечательного биолога, академика Николая Ивановича Вавилова, которого к этому времени уже не было в живых: он был оклеветан Лысенко, арестован органами государственной безопасности, замучен и погиб в тюрьме в начале 1943 года.

Следующий акт этой трагической травли науки — Объединенная сессия Академии наук СССР и Академии медицинских наук СССР, посвященная проблемам высшей нервной деятельности.

Физиология на скамье подсудимых

28 июня — 4 июля 1950 года была проведена «Научная сессия, посвященная проблемам физиологического учения академика И.П. Павлова». Основные докладчики — ученики Павлова К.М. Быков и А.Г. Иванов-Смоленский (о котором мы уже писали выше, в связи с критикой Бернштейном теории условных рефлексов).

Сессии предшествовала «артиллерийская подготовка»: газета «Правда» дала целый ряд публикаций, представляющих учение Павлова естественнонаучной основой диалектического материализма. И сама сессия сразу приняла остро критическое, разгромное направление. Сессия стала попыткой «канонизировать» то, что было сделано Павловым. А любое направление в науке становится реакционным, тянет науку назад, с того момента, когда критика его запрещена. «Учение Павлова» было представлено как истина в последней инстанции, не подлежащая критике.

Доклады и выступления на сессии были направлены прежде всего против академика Леона Абгаровича Орбели — самого талантливого и любимого ученика И.П. Павлова, единственного из числа его соратников, чью кандидатуру Павлов предложил для избрания в Академию наук. Именно в Орбели видел Павлов своего преемника, сменившего его на кафедре физиологии в Военно-медицинской академии. После смерти Павлова Орбели возглавил Институт физиологии АН СССР, где под его руководством павловское направление исследований развивалось дальше. Но именно это — дальнейшее развитие науки — и было поставлено в вину Орбели.

Злая критика обрушилась и на других творчески работавших учеников Павлова — П.К. Анохина, А.Д. Сперанского и других.

Участникам сессии было ясно, что на ней идет не научная дискуссия, а партийный разгром лучшей части советских физиологов, проводимый под лозунгом догматизации «павловского учения». Погромный характер сессии привел к тому, что почти никто не решался выступить с серьезными научными доводами. Только профессор Н.А. Рожанский (ученик Павлова) в своем смелом кратком выступлении показал истинное лицо организаторов сессии и указал на тех, кто управлял этими добровольными марионетками. Рожанский начал свое выступление с того, что не может согласиться с теми критиками, которые объединяют в одну группу Орбели, Анохина и Беритова. Это все равно, как если бы кто-то объединил гоголевского Чичикова, колесо и яблоко на том основании, что все они имеют «округлую форму». А кончил он свое выступление тем, что не стоит спорить на сессии, какая физиология «правильная». Пусть сессия обратится с этим вопросом к товарищу Сталину — и его ответ все разъяснит, как он это уже сделал в языкознании. Эту концовку выступления организаторы сессии по понятным причинам не включили в опубликованный «стенографический отчет», а выступление грозило Рожанскому потере работы. Но он понимал, на что идет. Лишились работы и Орбели, и Анохин и многие другие, объявленные «антипавловцами». Вместо Орбели во главе Института физиологии АН стал основным докладчиком на сессии — Быков. В Академии наук СССР был организован новый институт — Институт высшей нервной деятельности, во главе которого поначалу поставили Иванова-Смоленского.

В сущности, на сессии шла не борьба научных идей и даже не «спор о словах». Происходила борьба за «лакомые места». Орбели надо было «спихнуть», чтобы занять его место, его институт и лаборатории, как раньше это сделали с академиком Л.С. Штерн. А Бернштейн как раз такого «лакомого места», на которое можно было позариться, не имел. И, видимо, именно поэтому на него — на самого серьезного оппонента Павлова — погромщики не обратили должного внимания. Он не был упомянут в программных (погромных) докладах Быкова и Иванова-Смоленского. Э.А. Асратян в своем выступлении поминает Бернштейна лишь мельком: «Когда с отдельными антипавловскими недомыслиями выступают в нашей печати Штерн, Ефимов, Бернштейн и подобные им лица, не знающие ни буквы, ни духа учения Павлова, это не так досадно, как смешно». Академик Л.С. Штерн была уже арестована, так что эта походя сказанная Асратяном фраза носила по тем временам довольно зловеющий характер. Несколько больше говорил о Бернштейне К.М. Смирнов. Упомянув в одной фразе «исключительный по своему совершенству циклограмметрический метод» Бернштейна, он тут же подробнее говорит, что «обобщение материала у него (у Бернштейна. — И.Ф.) проведено не только неудовлетворительно, но является даже прямо порочным». И дальше: «Проф. Бернштейн строит фантастические гипотезы о природе координации движений...» Ни тени научной дискуссии, только ругань.

Эту сессию было принято называть «павловской». Но сам Иван Петрович Павлов за эту сессию ответственности не несет. В истории (не только в истории науки) не раз случалось так, что зная, на котором было написано светлое имя, оказывалось в грязных руках, творивших под этим знаменем свое черное дело.

В этой связи мне вспоминается встреча с Николаем Дмитриевичем Нюбергом вскоре после сессии. Он был значительно старше меня. Мы мало знакомы, знали друг друга только в лицо, встречаясь на научных конференциях. Мы с ним шли по Большой Калужской улице с какого-то заседания в Биологическом отделении Академии наук. Шли рядом, но не вместе. Была отвратительная погода — ветер с колючим снегом, шли с поднятыми воротниками. Он идет рядом со мной и вдруг говорит: «Вы, кажется, физиолог. Знаете, именно успехи физиологии последнего времени привели меня к твердому убеждению, что загробной жи-

ни души не существует». Я не знал, как мне реагировать на такое замечание почти незнакомого человека. Он заметил это и продолжал: «Потому что, если бы загробная жизнь души существовала, то душа Ивана Петровича Павлова пришла бы с ба-альшой дубиной!». После этого мы с ним стали друзьями.

Репрессированная наука — это не только те ученые, которые (как Николай Иванович Вавилов и многие другие) поплатились жизнью, не только те ученые, которые (как Владимир Павлович Эфроимсон и многие другие) в годы сталинщины лишились свободы, — это и те, кто не имел возможности работать, публиковать свои труды, свободно обсуждать свои идеи в кругу коллег.

Оценивая размер какого-либо бедствия — стихийного или социального, катастрофы масштаба Чернобыльской или войны, — надо принимать в расчет не только то, сколько жизней унесено, сколько полезных дел не доведено до конца. Надо учитывать и то, сколько жизней не появятся на свет в последующий период в результате этого бедствия, сколько жизней не состоятся как яркие, творческие, сколько полезных дел не будет даже начато.

Эта ужасная ситуация разгрома науки не могла, естественно, обойти и Бернштейна: лаборатории были закрыты; нет возможности вести экспериментальную работу; он лишился заработка. До 1948 года в печати ежегодно появлялось несколько серьезных работ Бернштейна. А теперь научные журналы не принимают его статьи. В 1949 году опубликованы лишь двухстраничные тезисы его доклада в материалах сессии Института физкультуры. И затем четыре года (1950—1953) — полное молчание. Но и после смерти Сталина и наступления некоторой «оттепели» публикация серьезных работ Бернштейна остается невозможной. Заглянем в перечень опубликованных трудов, помещенный в 1990 году в его книге «Физиология движений и активность».

1954 год — опубликованы только трехстраничные тезисы его доклада на сессии Института неврологии Академии медицинских наук СССР.

1955 год — аннотация той же работы на двух страничках.

1956 год — рецензия на книгу Р. Вагнера «Проблемы и примеры биологического регулирования» в журнале «Новые книги за рубежом».

1957 год — в том же журнале рецензия на книгу Грся Уолтера «Мозг и его жизнедеятельность». И, наконец, журнал «Вопросы

психологии» решается напечатать статью Бернштейна «Некоторые назревающие проблемы регуляции двигательных актов».

1958 год — коротенькая (6 страниц) статья в «Докладах Академии педагогических наук СССР».

1959 год — популярная статья в журнале «Знание — сила».

1960 год — предисловие к книге В.Д. Моисеева «Вопросы кибернетики в биологии и медицине». В этом же году в «Физическом Энциклопедическом Словаре» выходит статья Бернштейна «Биомеханика» (две странички).

И только в 1961 году кончается «заговор молчания», длившийся двенадцать лет (1949—1960)!

Первые слова рождающейся физиологии активности

В шестом выпуске сборников «Проблемы кибернетики» публикуется большая (60 страниц) статья Бернштейна «Очередные проблемы физиологии активности». 20 апреля 1958 года она была передана в редакцию «Проблем кибернетики», но возможность выхода в свет появилась только в 1961 году.

Редактором «Проблем кибернетики» был замечательный человек, математик Алексей Андреевич Ляпунов. В мрачные годы после разгрома генетики, когда на биологическом факультете Московского университета классическая генетика считалась лженаукой, Ляпунов вел кибернетический семинар, на котором серьезно обсуждались и генетика и другие биологические проблемы, которые могут явиться объектом исследования методами точных наук. Некоторые доклады печатались в «Проблемах кибернетики». В работе семинара участвовали, наряду с математиками и кибернетиками, видные ученые-биологи. Среди них — и генетик Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский (знаменитый «Зубр»), и психофизиолог Николай Александрович Бернштейн, и нейроморфолог Григорий Израилевич Поляков и другие. Несколько статей Тимофеева-Ресовского было напечатано в «Проблемах кибернетики» (начиная с первого выпуска в 1958 году).

И только в 1961 году в шестом выпуске «Проблем кибернетики» выходит обстоятельная статья «Очередные проблемы физиологии активности». В ней Бернштейн обобщает итоги — большой фактический материал, накопленный в физиологии движений и

значительно расширяющий понимание роли центральной нервной системы высших животных и человека в построении двигательных актов. Формулируя основные положения зарождающейся физиологии активности и пути ее дальнейшего развития, Бернштейн отмечает, что задачей этой статьи является в большей мере поставить и уточнить ждущие решения вопросы, чем ответить на то, что пока еще не вышло из области гипотез.

К концу XIX века стало ясно, что причина улучшения двигательных навыков при упражнении не может быть локализована на моторной периферии тела — в костно-суставно-мышечном аппарате. Ведущую роль в выработке и запечатлении навыков играет центральная нервная система. (Вспомним слова из ранее написанного Бернштейном стихотворения: «Мозг или мышца — вершители бега, ходьбы, прыжка?») Однако физиология в начале XX века была еще очень далека от представления о важнейшем значении чувствительных, афферентных систем в процессах управления движениями. Внимание исследователей переместилось с мышц и сочленений на двигательные (эффекторные) системы мозга. Распространилось представление о «кнопочно-пусковой» структуре управления движениями: каждая клетка «командного пульта» в коре головного мозга (или подобный этой клетке агрегат) управляет определенной мышцей, одним определенным движением. Индивидуальное запечатление следов прошлых раздражений в центральной нервной системе трактовалось как постепенное протопление связующих путей в мозгу в результате многократных повторений одновременно возникавших раздражений. На теорию условных рефлексов стали возлагать огромные упования, вплоть до надежды воздвигнуть на этой основе все здание материалистической психологии. Безусловные и условные рефлексы рассматривались как кирпичи, из которых строится любое сложное поведение животного и человека — подобно тому, как из одинаковых кирпичей возможно сооружение здания любого стиля, размера и назначения.

Такое атомистическое представление оказалось ошибочным. Оно упускает из виду сложную целостность организма. Каждый рефлекс представляет собой не элемент действия, а элементарное действие. Если взять все без исключения действия, доступные организму животного или человека, и расположить их по какой-нибудь шкале в порядке возрастающей сложности, то на том

конце, куда мы отнесем наименее сложные действия, мы найдем и все рефлексы. Но понятие «рефлекс» ограничено физиологическими рамками, и речь не идет о таких нечетких выражениях, как «рефлекс свободы», «рефлекс рабства», «рефлекс цели» и тому подобное (как это делалось И.П. Павловым в 1910—1930-х годах).

Между процессами образования условных рефлексов и процессами развития целенаправленных двигательных умений и навыков имеются глубоко принципиальные различия.

Вся постановка экспериментов по выработке условных рефлексов у животного обуславливает его полную пассивность по отношению к раздражителям. Истинным бичом опытов этого рода было сонное торможение, столь часто возникавшее у подопытных животных. В противоположность этому весь процесс построения навыков пронизывает активность. Активны как само внешнее проявление навыка, так и вся внутренняя сущность двигательного упражнения.

Образование и закрепление условного рефлекса протекает как нечто монотонное, с чисто количественным гомогенным нарастанием результатов. Отсюда родилось представление, что условный рефлекс образуется в результате проторения пути в мозговых проводниках или синапсах. Иначе говоря, в результате ряда повторений стимулов мозговые проводники или синапсы, связывающие между собой ассоциируемые группы клеток, повышают свою проводимость для нервных импульсов. Формирование же двигательного навыка представляет собой целую цепь последовательно сменяющих друг друга фаз, имеющих разный смысл и качественно различные механизмы. Сам двигательный навык — сложная структура. В нем всегда имеются ведущий и фоновые уровни, ведущие и вспомогательные звенья и т.д. Бернштейн пишет: «Истолкование двигательного навыка по аналогии с проторением условной связи принесло ощутительный практический вред тем, что оправдывало монотонное, пассивное заучивание, в котором основное ударение делалось на количестве выполненных повторений. Крайне низкий полезный эффект такого метода (как в трудовой, так и в музыкальной педагогике) вскоре заставил отнестись к нему критически и подвергнуть его переоценке». Что же повторяется и закрепляется в ходе освоения двигательного навыка? Бернштейн подчеркивает, что сформированный навык не может представлять собою стойкой последова-

тельности нервных импульсов мышцам: ведь вся сущность двигательной координации как раз состоит в непрерывном приложении этих моторных импульсов к переменчивым и динамическим условиям. Но в основе двигательного навыка не может быть и стандарта сенсорных коррекций, обладающих ничуть не меньшей изменчивостью. Итак, ни моторные (двигательные), ни сенсорные (чувствительные) центры и системы мозга не могут быть теми субстратами, в которых локализовались бы стойкие отпечатки и формулы двигательного навыка.

Если бы упражнения или тренировка навыка сводились лишь к многочисленным повторениям, то в результате были затвержены неправильные и неловкие движения начального этапа. Это подчеркивает несостоятельность «проторительных» концепций.

При развитии двигательного навыка каждое следующее движение лучше предыдущего, а не повторяет его. Упражнение — это повторение без повторения, т.е. не повторение осваиваемого действия, а его построение. При правильно проводимом упражнении повторяется раз за разом не средство для решения данной двигательной задачи, а процесс ее решения, причем от раза к разу средства решения изменяются и совершенствуются. Двигательный навык — это координационная структура, представляющая собой освоенное умение решать тот или иной вид двигательной задачи. Чем полнее и надежнее освоен двигательный навык, тем шире круг вариантов и осложнений задачи, которые не приводят к дезорганизации и деавтоматизации и для решения которых субъект находит в себе адекватные координационные ресурсы.

Какой же фактор является ведущим для программирования и для кольцевого корригирования двигательного состава движения? Бернштейн приходит к выводу, «что, говоря о программе двигательного акта в его целом, мы не находим для нее другого определяющего фактора, нежели предвосхищенный образ того результата, на который нацеливает субъекта осмысливание определенной двигательной задачи».

Причина **реактивного действия** — вызвавшее его раздражение. Причиной же **активного действия** является психофизиологический образ чего-то, чего еще нет, но что должно наступить, т.е. мозговой комплекс, по своему содержанию принадлежащий будущему. Может быть, в этой способности заглядывать в будущее — одно



Н.А. Бернштейн
(с нимбом над головой).
Дружеский шарж одного
из участников конферен-
ции в мае 1961 года

из наиболее значительных различий между мертвой и живой материей.

Статья Н.А. Бернштейна в «Проблемах кибернетики» вызвала раздражение у эпигонов «павловского учения». Так, в мае 1962 года на Всесоюзном совещании по философским вопросам высшей нервной деятельности и психологии Н.А. Шустин заявил: «Нало полагать, что в основе любого навыка лежит механизм временной связи. Без участия механизма временной связи никакие навыки не могут быть образованы. А проф. Бернштейн ищет “принципиальные и капитальные” различия между образованием навыка и условной связью. Когда Н.А. Бернштейн пытается рассматривать новые линии развития

физиологии в связи с кибернетикой, то это можно только приветствовать, но когда он пишет обзорные статьи для кибернетиков и дезориентирует их в понимании сущности и значения рефлекторной теории, то это должно быть подвергнуто принципиальной критике»². На том же совещании выступил и Я.Б. Лехтман: «Архаическая трактовка Н.А. Бернштейном произвольных действий как спонтанных актов нервной системы невольно вызывает чувство недоумения... Павловское представление об условно-рефлекторной природе произвольных движений, об обусловленности их суммарной деятельностью коры больших полушарий кажется нам неоспоримым. Именно это представление опровергает “вздорную побасенку о свободе воли”. Если же идеи кибернетики, напротив, питают эту побасенку, то тем хуже для этих “идей”»³. С «критикой» идей Бернштейна выступили также Л.Г. Воронин (с. 509 и далее), А.О. Долин (с. 597 и далее), Э.А. Асратян (с. 722 и далее) и другие.

² Философские вопросы физиологии высшей нервной деятельности и психологии. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 527.

³ Там же. С. 554—555.

Обстоятельная статья в «Проблемах кибернетики», напечатанная в 1961 году, положила начало целой серии публикаций Бернштейна, отражающих его работу над новой областью психофизиологии — физиологии и биологии активности. В том же 1961 году в журнале «Вопросы философии» (№ 6) выходит его статья «Пути и задачи физиологии активности». В 1962 году — статья «Новые линии развития в современной физиологии» в книге «Материалы конференции по методам физиологических исследований человека» под редакцией А.А. Летавета и В.С. Фарфеля. В мае 1962 года в Москве состоялось Всесоюзное совещание по философским вопросам физиологии высшей нервной деятельности, на котором Бернштейн выступил с докладом, напечатанным в журнале «Вопросы философии» (№ 8 за 1962 год). Тот же журнал публикует в 1965 году статью Бернштейна «На путях к биологии активности» («Вопросы философии», № 10, 1965). В 1966 году на XVIII Международном психологическом конгрессе был представлен доклад Бернштейна «Очередные задачи нейрофизиологии в свете современной теории биологической активности». Он напечатан на русском и английском языках в книге «Кибернетические аспекты интегральной деятельности мозга: XVIII Международный психологический конгресс», Москва, 1966. Но на самом конгрессе Николай Александрович уже не присутствовал. В том же 1966 году, но уже после кончины Николая Александровича, вышла его книга «Очерки по физиологии движений и физиологии активности» и статья «От рефлекса к модели будущего». Из этого неполного перечня видно, какое большое внимание уделял Бернштейн в последние годы жизни созданию физиологии активности. Упомянутая выше статья «От рефлекса к модели будущего» очень четко отражает ход его мысли в этот период. Она была позже неоднократно переиздана — в США, в России и в Германии⁴.

В России создавалось впечатление, что из сеченовского наследия вытекает только одна большая река — линия исследований Павлова. Но это не так. Из наследия Сеченова вытекает многое. Это и Павлов, конечно, но и Введенский, и Ухтомский, это и Бернштейн. После сессии 1950 года взгляд на историю науки оказался совершенно односторонним. За сессией последовал застой

⁴ Motor Control. 1999. Vol. 3. № 3; Вопросы психологии. 2002. № 2; Behindertpädagogik. 2002. № 3.

в российской физиологии, психологии, в некоторых областях медицины (психиатрия, психотерапия). Психотерапия была фактически уничтожена.

Велик не только ущерб в науке, который принесла эта сессия, велико и ее развращающее влияние. Оно выразилось в том, что некоторые ученые вынуждены были говорить не то, что думали. Ведь ситуация была очень сложной и опасной. Многие привыкли лгать и лицемерить и уже не видели в своих поступках ничего предосудительного. Маска, одетая на лицо, в какой-то момент начинает прирастать, и тогда ее уже трудно снять.

Вскоре после сессии ВАСХНИЛ мне пришлось говорить с одним известным в то время ученым. У меня с ним были хорошие отношения, и я считал, что в любой ситуации могу сказать ему то, что думаю. Я выразил свое мнение о докладе Лысенко: доклад внутренне противоречив и многое в этом докладе представляется прямым вздором. Он мне ответил: «Да, конечно. Это ужасно, что прошла такая сессия; но, понимаете, все-таки в этом что-то есть...» И дальше начал искать какие-то оправдания. Мы были вдвоем, шли по улице. Страх, что нас кто-то может услышать, у него не было. Я понял психологическую природу происходящего: это психологическая защита своего «Я» от своего же взгляда на себя как на лжеца. Очень неприятно самому себе казаться лжецом. Мой собеседник занимал высокие административные посты и должен был публично выступать не только тогда, когда его научная совесть толкала его на трибуну. И когда он много раз что-то повторял, то уже самому было трудно от этого отказаться. Он начинал искать в сказанном хоть что-то рациональное. Такая «самозащита» протекает неосознанно и имеет огромное развращающее влияние.

Мне кажется, о таких серьезных вещах стоит говорить и сейчас, чтобы это знали следующие поколения ученых. Если кто-то вынужден отступать от истины и ему кажется: не такой уж я большой ученый, скажу то, что от меня хотят; пусть будет какой-то сиюминутный прагматический выигрыш, а дальше все забудется. Нет. Надо всем знать, что история науки ничего не забывает. Необходимо, чтобы тот урон, который нанесла науке сессия 1950 года, превратился в урок, который должны извлечь из него следующие поколения.

Физиология активности набирает силу

Третий период творчества Н.А. Бернштейна охватывает 1950—1960-е годы, когда ученый, лишенный возможности вести экспериментальные исследования, сосредоточил свое внимание на теоретической работе, продолжая и развивая то, что было сделано ранее. На основе нового понимания жизнедеятельности организма им были созданы физиология и биология активности.

Живой организм рассматривается Н.А. Бернштейном не как пассивная, реактивная система, отвечающая на внешние стимулы и приспособляющаяся к условиям среды, а как созданная эволюцией активная, целеустремленная система, имеющая некоторые потребности, цели, модель потребного будущего, активно преодолевающая сопротивление среды и изменяющая среду в соответствии с этими потребностями, целями, образами будущего. Цели живого организма могут возникать как проявление приобретенных или врожденных потребностей и реализовываться на базе как видового, так и индивидуального опыта, с построением в каждом случае модели потребного будущего. Бернштейн считал, что процесс жизни есть не «уравновешивание с окружающей средой», как понимали мыслители периода классического механицизма, а преодоление этой среды, направленное не на сохранение статуса или гомеостаза, а на движение в сторону родовой программы развития и самообеспечения. Бернштейн рассматривал живой организм как негэнтропийную систему, в которой по мере ее развития нарастает четкость организации, т.е. уменьшается энтропия. Деятельность подчинена цели, образу потребного будущего. В этом проявляется принцип материалистической телеологии, принцип «цели-сообразного» (сообразного цели!) характера действий живого организма. Действие детерминировано конкретной задачей, потребностью, достижением или удовлетворением которых опирается на прошлый опыт. Сущность целевой детерминации поведения можно выразить так: действие детерминировано прошлым и «образом потребного будущего», которые сливаются с настоящим и экстраполируются на будущее. Бернштейн показал, что наряду с вопросами «как?» и «почему?» материалистическая наука о живой природе должна отвечать еще и на вопрос «для чего?».

Н.А. Бернштейн по праву может быть назван создателем физиологии активности как научного направления с последовательным приложением принципа активности к деятельности, организации целенаправленного поведения. Разработка физиологии активности, которой Бернштейн уделял особенно большое внимание в последние годы жизни (вплоть до самой смерти 16 января 1966 года), имеет непреходящее значение для физиологии, биологии, психологии, для философии естествознания, ибо способствует более глубокому антимеханистическому подходу к решению такой проблемы, как «психика и мозг».

Итоги этого периода творчества Бернштейна подведены в ряде его статей и в книге «Очерки по физиологии движений и физиологии активности», вышедшей в год его кончины (1966).

Созданная Бернштейном физиология активности — направление, далеко выходящее за рамки физиологии, охватывающее проблемы психологии и биологии. Может быть, правильнее было бы говорить о биологии активности. Это глубоко оригинальное направление в науке, уходящее корнями к И.М. Сеченову и А.А. Ухтомскому, а кроной смыкающееся с кибернетикой.

Идея активности близка И.М. Сеченову, который писал, что «мы слушаем, а не слышим, смотрим, а не только видим». Отсюда идут современные представления об активности процессов отбора необходимых минимумов информации с отсеком излишних или избыточных «шумов». Процессы поиска (scanning) — активные, использующие эффекторику в полной аналогии с тем, как последняя эксплуатирует афферентацию (гаптику) в управлении движениями. На связь этих идей с трудами И.М. Сеченова неоднократно обращал внимание Бернштейн⁵.

Краткая и четкая характеристика физиологии активности дана в статье Г. Гургенидзе «Физиология активности» в пятом томе «Философской энциклопедии», М., 1970: «Наиболее простые и

⁵ См., например, его книгу: Очерки по физиологии движений и физиологии активности. М., 1966. С. 225, а также его доклад в книге: Философские вопросы физиологии высшей нервной деятельности и психологии. М., 1963. С. 307.

наименее значимые для организма действия целиком определяются пусковым стимулом — сигналом. Но по мере возрастания сложности действия оно все меньше по своему смыслу зависит от сигнала, за которым сохраняется лишь пусковая роль. В самых сложных, произвольных действиях их программа и инициатива начала целиком определяется изнутри организма». На смену реактивной концепции поведения пришла концепция активности. Принципу «исходной преформированности» возбуждений, реализующих функцию, был противопоставлен принцип «микростепной корригируемости».

И.М. Сеченов понимал, что однозначной связи между стимулом и характером реакции быть не может, что реакция зависит не только от стимула, но и от состояния систем, осуществляющих реакцию. Представление о саморегуляции, позволяющей активно достигать цели в изменчивой среде, получая сигналы об изменениях в этой среде и в собственном организме, и было развито Бернштейном в физиологии активности. Одним из важнейших выводов физиологии активности является то, что любой вид двигательной активности — от элементарных действий до сложных целенаправленных цепных рабочих процессов, письма, артикуляции и т.п. — направляется и определяется прежде всего смыслом двигательной задачи и предвосхищением искомого результата ее решения. Пути же достижения этого результата могут быть различными.

Н.А. Бернштейн писал в 1962 году: «Самым своеобразным и характерным из того, с чем сталкивается физиология при обращении к проблеме активности, является то, что очередная задача действия, сформулированная особью «изнутри» с учетом текущей ситуации, но без механической обусловленности ею, необходимым образом строится как своего рода экстраполяция будущего: целесообразно спрограммировать действие возможно только на основании определенного образа или модели того, к чему это действие должно привести и ради чего оно предпринимается. Но так как предстоящее может быть расценено или предвидено не иначе как в порядке вероятностного прогнозирования (удачный термин И.М. Фейгенберга), то ясно, что подход к анализу всех вскрывшихся здесь физиологических процессов должен основываться на

теории вероятностей и ее новейших ветвях... Положение о вероятностном моделировании будущего, лежащем в основе активности всех организмов, начиная с самых низших, позволяет создать строго материалистическую трактовку таких понятий, как целесообразность и целенаправленность, находившихся до сих пор в безраздельном владении виталистов-телеологистов⁶.

Модель будущего, направляющая действия, может осознаваться субъектом, но может протекать и на бессознательном уровне. Мотивы деятельности, даже в случае, когда они не осознаваемы, не перестают из-за этой неосознаваемости быть факторами, порождающими деятельность.

Как осуществляется мозгом это моделирование — пока остается вопросом. Это пока лишь гипотеза об устройстве того внутреннего механизма, который обуславливает наблюдаемые нами явления «выхода» в связи с данными воздействиями на «входы»⁷. Здесь четко прослеживается линия, тянущаяся от И.М.Сеченова к идее «черного ящика» современной кибернетики, к современным проблемам искусственного интеллекта.

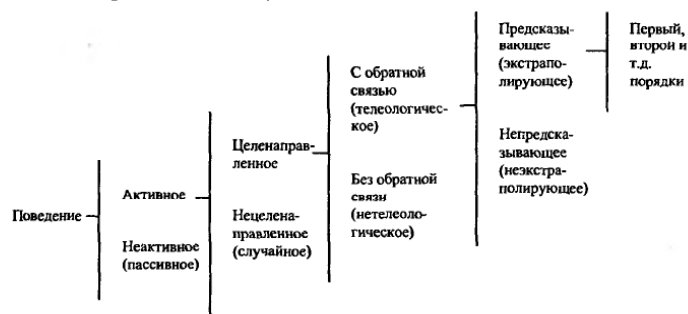
Вопросы «как?» и «почему?» физиология активности дополняет в трудах Бернштейна вопросом «для чего?». Обусловленность действий целью — образом еще не осуществленного будущего — делает активную деятельность телеологичной. Однако эта телеологичность не имеет ничего общего с чуждым естествознанию извращением причинно-следственных отношений. Речь идет о целенаправленности действия. Такая «телеологичность» стала позже и характерной чертой кибернетики. Именно в этом смысле говорили в 1943 году о целесообразности и телеологии основоположники кибернетики⁸.

⁶ Бернштейн Н.А. Новые линии развития в современной физиологии // Материалы конференции по методам физиологических исследований человека / Под ред. А.А. Летавета, В.С. Фарфеля. М., 1962. С. 18.

⁷ Бернштейн Н.А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности. М., 1966. С. 259.

⁸ Розенблюм А., Винер Н., Бигелоу Дж. Поведение, целенаправленность и телеология // Н. Винер. Кибернетика или управление и связь в животном и машине. 2-е изд. М., 1968. С. 287.

Они предлагают следующую классификацию поведения:



«Совершая произвольные действия, — пишут они, — мы произвольно выбираем специфическую цель, а не специфическое действие». Для реализации целенаправленного поведения необходима «обратная связь»: поведение управляется величиной ошибки по отношению к определенной цели. Авторы допускают, что одна из особенностей скачка, наблюдаемого при сравнении человека с другими высшими млекопитающими, заключается в том, что последние способны лишь к предсказывающему поведению низшего порядка, тогда как человек потенциально способен к весьма высоким порядкам предсказания.

В каждом научном направлении на какие-то вопросы найден ответ, другие — поставлены и ждут разработки. Вопросы, поставленные физиологией активности, далеко выходят за границы физиологии. Особенно хочется отметить вопрос о живом организме и окружающей среде. На смену идее о приспособлении организма к среде физиология активности выдвинула идею об активном воздействии организма на среду. Разработка этой интереснейшей проблемы потребует новых контактов биологии с другими науками. «Пробуждение интереса к физиологии активности, с ее трактовкой вероятностного прогнозирования и борьбы с окружением за осуществление намеченной задачи (подчеркнуто мною. — И.Ф.) приводит к попыткам осмыслить и динамическое «равновесие» организма со средой, и гомеостазис как цели активно-конфликтных состояний с окружающим миром, и поставить на службу

физиологии такие ветви математики, как общая теория игр, теории конфликтов и стратегий и др., что менее всего приходило на мысль раньше»⁹. Подчеркивая, что движение — почти единственная форма жизнедеятельности, путем которой организм не просто взаимодействует со средой, но активно воздействует на нее, изменяя или стремясь изменить ее в нужном ему отношении, Бернштейн развивает взгляды Сеченова на всеобщую значимость движений, сформулированные последним в «Рефлексах головного мозга».

Концепция физиологии активности Бернштейна «положила начало развитию новых принципов понимания жизнедеятельности организма»¹⁰.

В 1996 году отмечалось столетие со дня рождения Николая Александровича Бернштейна. Но 1996 год был годом еще одного юбилея — исполнилось четыреста лет со дня рождения Рене Декарта (1596—1650). Совпадение этих юбилеев кажется мне символическим. Декарт ввел в физиологию понятие рефлекса. Животные, по Декарту, — автоматы, движения которых являются ответами на стимулы, воздействующие на животное. К автоматическим движениям, общим для человека и животных, у человека, по Декарту, присоединяется еще нематериальная душа, имеющая волю и способность мыслить. Декарт был основоположником рефлекторного принципа изучения физиологии нервной системы. С него начинается тот «горный хребет», который называется «рефлекторной физиологией», протянувшийся во времени на триста лет, и на котором, вслед за Декартом, было несколько ярких взлетов — «горных пиков». Можно вспомнить в этой связи Ламетри, сводившего все поведение человека к рефлексам; Прохазку, увидевшего в рефлексе целесообразный акт, регулируемый чувством самосохранения; Ч. Белла и Мажанди, открывших механизм простейшей рефлекторной дуги в спинном мозге; И.М. Сеченова с его замечательными «Рефлексами головного мозга»; Ч. Шеррингтона, внесшего понятие интегративной деятельности нервной системы; И.П. Павлова, распространившего рефлекторный принцип на эк-

⁹ Бернштейн Н.А. Новые линии развития в современной физиологии // Материалы конференции по методам физиологических исследований человека. М., 1962. С. 21.

¹⁰ Большая Советская Энциклопедия. Т. 3. М., 1970.

спериментальное изучение высшей нервной деятельности животных и человека методом условных рефлексов.

Все перечисленные исследования, составляющие «горный хребет», парадигму рефлекторной физиологии, оказались очень продуктивными для понимания работы нервной системы. Круг явлений, рассматриваемых рефлекторной физиологией, расширялся — от машинообразных рефлексов Декарта, рефлекторная дуга которых заложена в прирожденной конструкции нервной системы, до условных рефлексов Павлова, дуга которых формируется в процессе индивидуальной жизни при определенных условиях (отсюда и название «условный рефлекс»).

Создание Н.А. Бернштейном физиологии активности было осуществлено в русле новой парадигмы изучения функций нервной системы.

Если в рамках старой парадигмы основной структурной единицей в нервной системе была рефлекторная дуга — цепочка из нейронов, начинающаяся рецептором и кончающаяся эффектором, то в новой парадигме место такой структурной единицы заняло замкнутое кольцо. Действие не заканчивается активацией эффекторов. Информация о результате, достигнутом на данном этапе действия, опять идет в центральный аппарат и служит для формирования новых эффекторных сигналов, корректирующих полученный результат действия, приближающих его к тому результату, который должен быть достигнут. Бернштейн ввел в нейрофизиологию понятие «сенсорной коррекции». Идея о рефлекторном кольце была четко сформулирована уже в статье «Проблема взаимоотношений координации и локализации», опубликованной в 1935 году. Эта идея на десятилетие опередила понятие «обратной связи» в кибернетике. Мысль о кольцевом управлении применительно к отдельным конкретным случаям высказывалась некоторыми физиологами и раньше, а в технике была реализована Дж. Уаттом в регуляторе давления в паровом котле. Но четкая общая и развернутая разработка ее сделана именно Бернштейном.

В парадигме рефлекторной физиологии организм животного оказывается реактивным существом, действия которого являются ответными реакциями на стимулы, воздействующие на рецепторные органы животного. В парадигме же физиологии активности организм животного рассматривается как активная система, действия которой направлены на достижение определенных целей.

Введенное Декартом понятие «рефлекс» происходит от латинских слов *flexus* — изгиб, поворот, *reflexus* — отражение, обращение назад, к тому, что уже было. В физиологии активности действие направляется не уже бывшим ранее стимулом, а целью — образом того, что должно стать в результате действия. Образ того, что должно быть достигнуто в результате движения, закодирован в нервной системе и назван Бернштейном «моделью (образом) потребного будущего».

На основании сопоставления наличной ситуации (*Istwert*) и того, что должно стать в результате движения (*Sollwert*), строится программа действия. Сенсорные коррекции служат для сопоставления уже достигнутого на данный момент результата с тем, который должен быть достигнут. Это сопоставление приводит к введению в программу действий необходимых изменений для достижения «потребного будущего».

Неживая природа, предоставленная самой себе, движется в сторону наименее организованной структуры — в сторону возрастания энтропии. Понятие энтропии было введено Р. Клаузиусом (1865) для характеристики процессов превращения энергии. Оно получило распространение в термодинамике, в статистической физике, в теории информации. Энтропия стала количественной мерой неопределенности, дезорганизованности системы. Второе начало термодинамики говорит о том, что энтропия термоизолированной системы всегда только увеличивается: система стремится к тепловому равновесию, при котором энтропия максимальна. Бернштейн в физиологии активности рассматривает живые существа как негэнтропийные системы, стремящиеся к минимизации энтропии, т.е. к максимальной организованности. Снижение уровня энтропии в самом себе достигается живым организмом ценой возрастания энтропии в окружении за счет окисления и разрушения веществ — участников энергетического метаболизма.

Классическая физиология рассматривала живой организм в недействительных состояниях — состоянии покоя, равновесия, а часто и в состоянии изоляции животного от многообразных воздействий внешнего мира. Изучение функций нервной системы проводилось на нервно-мышечном препарате, на животном с перерезкой на различных уровнях нервной системы (например, на

децеребрированном животном), в состоянии наркоза. В исследованиях Павлова животное помещалось в станок, изолировалось от «мешающих эксперименту» внешних воздействии (знаменитая павловская «башня молчания»). Исследования Бернштейна, разработанные им методики изучения движений осуществлялись в естественных условиях, не стесненных исследователем (трудо-вые, спортивные движения).

Основные положения физиологии активности имеют принципиальное значение не только для нейрофизиологии, но и для общей биологии. Если классическая биология рассматривала эволюцию как процесс, в котором выживают организмы, лучше приспособившиеся к окружающей среде, то согласно бернштейновской физиологии активности выживают организмы, лучше преодолевшие сопротивление среды в активном стремлении к достижению своих целей, к удовлетворению своих потребностей. Для человека, мне кажется, это перерастает в этические проблемы: не приспособиться к условиям среды, а активно преодолеть ее сопротивление и преобразовать ее соответственно своим идеалам, своей «модели потребного будущего». Уравновешиванию со средой было противопоставлено активное преодоление сопротивления среды.

Если в парадигме рефлекторной физиологии рассматривалось прошедшее и настоящее время — как и почему протекает действие, то в физиологии активности рассматривается еще и будущее время — для чего совершается действие, к достижению какой цели оно направлено. Модель потребного будущего — основа целенаправленного поведения. В последний год жизни Бернштейн написал очерк, опубликованный уже после его кончины, где он подводит итог сделанного и в самом заглавии подчеркивает смену парадигм «От рефлекса к модели будущего».

Именно с этим будущим связано предложенное нами понятие «вероятностного прогнозирования». Н.А. Бернштейн с самого начала (уже в 1962 году) поддержал идею о вероятностном прогнозировании и четко сформулировал его место в системе физиологии активности. Он писал: «Судя по всему, мы имеем перед собой два связанных процесса. Один из них есть вероятностное прогнозирование по воспринимаемой текущей ситуации... Наряду же с этой вероятностной экстраполяцией хода окружающих событий

(каким он был бы при условии «несмешательства») совершается процесс программирования действия, должностующего привести к реализации потребного будущего...»¹¹.

Введение будущего времени в поле зрения исследователя вызвало яростные нападки на Бернштейна и на физиологи активности. Понятие о цели и о модели потребного будущего — и тут же обвинение в телеологизме. Вероятностное прогнозирование — и тут же обвинение в мистическом представлении о получении организмом информации из будущего. Но никакой мистики тут нет. Цель, модель потребного будущего — это закодированная в нервной системе информация о желаемом будущем, информация, содержащаяся там еще до действия и направляющая это действие. Вероятностное прогнозирование — не «информация из будущего», а информация о наиболее вероятном будущем, черпаемая из прошлого, хранимая в памяти. Память организована так, что дает возможность на основе сведений о прошлом прогнозировать с некоторой вероятностью предстоящее и заранее готовиться к действиям, адекватным ожидаемому будущему. В этой направленности памяти в будущее (не в прошлое!), видимо, и заключается важнейшее биологическое значение функции памяти.

Научное сообщество встречает принципиально новое на первых порах очень настороженно, а часто и откровенно враждебно. В этой настороженности есть и полезная осторожность: нельзя менять принципиальные точки зрения под влиянием данных, которые могут оказаться случайными; новое должно окрепнуть, доказать свою правоту. Но есть и другой фактор — психологическая косность, трудность изменить точку зрения, с которой человек сжился годами или даже десятилетиями. Макс Планк первым обратил внимание на то, что новое входит в науку, порой не переубеждая корифеев; просто старое поколение уходит, а пришедшее молодое поколение принимает новое легко и движется дальше.

Птолемеяевская геоцентрическая система представлялась поначалу очень логично и просто объясняющей строение мира: твердый небесный свод с жестко укрепленными на нем звездами вращается вокруг Земли. Но появлялись новые факты, не укладывавшиеся в эту простую схему. Пришлось на небесную сферу

¹¹ Бернштейн Н.А. Физиология движений и активность. М., 1990. С. 438.

«навесить» еще дополнительные сферы... Схема все усложнялась, становилась слишком сложной и громоздкой. Но ученые долго еще не отказывались от геоцентрической парадигмы. И только Николай Коперник нашел в себе смелость сформулировать новую парадигму — гелиоцентрическую.

Не происходит ли нечто подобное с парадигмой рефлекса и рефлекторной дуги? Декартом была предложена простая, четкая, красивая и многое объясняющая схема. Появлялись новые факты — и схема усложнялась, обростала новыми особенностями (вспомним «нервную модель стимула», «акцептор действия» и т.п.). Замечательным достижением Павлова была разработка условных рефлексов. Парадигма еще оставалась старой: рефлекс — но условный; рефлекторная дуга — но такая, которая «замыкается» при определенных условиях... И, может быть, именно добытые Павловым данные подготовили необходимость смены парадигмы. Везде условный рефлекс — реакция на то (и адекватная тому), что ожидается, соответственно прошлому опыту, после условного раздражителя. Тут уж не обойтись без включения в структуру реакции памяти о прошлом и прогноза на будущее.

Контакт с математиками

В последние годы жизни у Бернштейна установились хорошие контакты с математиками. Я помню заседание семинара академика И.М. Гельфанда, на котором с докладом выступил Н.А. Бернштейн. На глазах участников семинара настороженно-скептическое отношение математика Гельфанда к тем психофизиологическим вопросам, о которых говорил Бернштейн, сменялось пониманием, потом принятием, потом полным одобрением. В этом заседании участвовал и М.Л. Цетлин — талантливый сотрудник Гельфанда. После этого доклада у Бернштейна установились очень дружеские отношения и продуктивные творческие контакты с Гельфандом и Цетлиным. В 1962 году в книге «Биологические аспекты кибернетики» вышла статья Гельфанда и Цетлина вместе с В.С. Гурфинкелем — учеником Бернштейна — «О тактиках управления сложными системами в связи с физиологией». В 1964 году в журнале «Биофизика» вышла совместная статья математика И.И. Пятецкого-Шапиро с физиологом М.Л. Шиком — учеником Бернштейна. В том же 1964 году выш-

ла статья Бернштейна «О перспективах математики в биокibernетике» — предисловие к книге В. Черныша и А. Напалкова «Математический аппарат биологической кибернетики».

К тому времени уже было создано несколько кибернетических моделей, воспроизводящих условные рефлексы. Бернштейна же привлекала перспектива создания моделей, способных осуществлять выбор оптимального поведения в условиях чисто вероятностной информации о возможных «ходах противника». Предложенные И.М. Гельфандом, В.С. Гурфинкелем и М.Л. Цетлиным математические модели иерархических координационных отношений явились существенным продвижением в этом направлении.

В иерархической системе управления движениями вышележащий уровень центральной нервной системы, видимо, не должен командовать детально всем процессом движения. Он только лишь определяет ту «матрицу» управления и корригирования, по которой подчиненный ему уровень работает уже со значительной степенью самостоятельности. Это значит, что на долю вышележащего уровня приходится решение таких задач, как назначение определенного режима в самом широком смысле этого слова и контроль переключения и адаптирования его соответственно существенным чертам ситуации и решаемой задаче. В случаях, когда нижележащий уровень не справляется с поставленной задачей своими средствами, он подает «сигнал тревоги» вышележащему уровню. В ответ на это вышележащий уровень может изменить всю стратегию, перепрограммируя ее. В ситуациях, не оставляющих времени на «запрос» верховного уровня по межуровневому координационному кольцу, низовой уровень может самостоятельно принимать срочные тактические решения.

В статье И.М. Гельфанда и М.Л. Цетлина «О некоторых способах управления сложными системами»¹² была выдвинута идея «хорошо организованных функций». Функция большого числа переменных является «хорошо организованной», если соблюдены два условия. Во-первых, ее аргументы (переменные) можно разгруппировать на подклассы «существенных» и «несущественных». Во-вторых, все аргументы стойко сохраняют свою принадлежность к тому или другому подклассу. Несущественные переменные могут обусловить резкие изменения и скачки функ-

ции. Но они не оказывают определяющего влияния на протекание функции в целом и на больших интервалах, на расположение ее максимумов и минимумов. На небольших интервалах влияние несущественных переменных может маскировать влияние существенных переменных. Но в итоговом результате, на больших интервалах, форма и протекание функции определяется существенными переменными.

Бернштейну представлялось очень заманчивым рассмотреть с этой точки зрения развитие и жизнедеятельность живых организмов. Действительно, среди огромного множества листьев дуба нет двух точно одинаковых, конгруэнтных. Между тем, мы безошибочно распознаем в каждом из них именно лист дуба. Распознаем по существенным (в смысле Гельфанда—Цетлина) признакам, обусловленным влияниями генетического аппарата дуба. Несущественные признаки обусловлены различными влияниями (лист, получавший лучшее питание, вырастает крупнее; получавший лучшее освещение — зеленее, с большим содержанием хлорофилла и т.п.). Определяющие видовые признаки реализуются как продукт существенных переменных, а метрические признаки — результат действия несущественных переменных. Существенные и несущественные признаки по-разному относятся к влиянию на них различных факторов. По отношению к несущественным признакам организм реактивен, «уступчиво» приспособителен. В то же время организм очень «неуступчив» в отношении существенных свойств своей структуры и формы. Здесь он не уступает, если только на него не оказано очень уж сильное давление. Бернштейн резюмирует это так: «Организм реактивен по отношению к своим несущественным переменным, но в высшей степени нереактивен или *активен* по отношению к существенным»¹³.

Бернштейн рассматривает с этой точки зрения (существенных и несущественных переменных) координацию движений человека. Человек может писать пером на горизонтально лежащем листе бумаги или крупно писать мелом на вертикально стоящей доске. Мышцы, работающие в том и в другом случае, различны. Различны и моторные «команды» мышцам, различны и сенсорные коррекции. Все это связано с несущественными переменными. Но в обоих случаях сохраняется индивидуальный почерк

¹² Успехи математических наук. 1962. Т. 17. Вып. 1.

¹³ Бернштейн Н.А. Физиология движений и активность. М., 1990. С. 445.

пишущего человека. Это уже стойкая, существенная характеристика данного человека.

Подпись человека каждый раз другая, не повторяющая предыдущие его подписи. Но ее существенные признаки настолько постоянны, что банк выдает по этой подписи большие суммы денег. Аналогично почерку существенными характеристиками человека являются его походка, тембр голоса, выговор или акцент речи, индивидуальная манера игры на фортепиано и т.п. Сюда же отпоситесь узнавание человека в лицо в самых разных ракурсах. По существенным признакам легко узнается в каждом экземпляре животного представитель определенного вида животных и т.д.

«Можно сказать, что аппарат управления движениями проявляет две различные координационные тактики: по отношению к второстепенным и техническим рассогласованиям и помехам он действует реактивно-приспособительно, не боясь вариативности; по отношению же к программно-существенным сторонам управления бьется за требуемый результат во что бы то ни стало, активно преодолевая препятствия и, если нужно, перепрограммируясь на ходу»¹⁴.

Какова же природа вариативности второстепенных («несущественных») характеристик движений? Почему они возникают? Прежде всего — в результате изменчивости внешней ситуации, появления помех: неровности дороги при ходьбе, порывы ветра, сопротивление обрабатываемого материала, неожиданные действия противника и т.д. Но этим не исчерпывается значение вариативности, разброса в характеристиках движений, возникающего и при идеальном равенстве и постоянстве всех внешних условий. Значение этого существенного явления становится понятным, когда мы не ограничимся вопросами *как* и *почему*. Необходимо обратиться также и к вопросу *для чего*. Эта часть разброса, безразличная по отношению к общей обстановке движения, не является реактивно-приспособительной. Это разброс поисковый — активное прощупывание обстановки и поиск оптимальных направлений действия.

Разработка таких вопросов требует совместных усилий биологов и математиков. На первом этапе их сближения у обеих сторон возникло некоторое разочарование. Кто-то сказал, что

¹⁴ Бернштейн Н.А. Физиология движений и активность. М., 1990. С. 445—446.

«биологи понимают, но не умеют, а математики умеют, но... не понимают!» Дело в том, что математический аппарат, которым располагали математики, был разработан для описания и изучения неживой природы. И он отлично служил этим целям — в физике, в технике, но для новых задач оказался не очень эффективным. Теперь стало ясно, что при решении биологических (и психологических) проблем нужно не «приживлять» к биологии существующую математику, а выращивать новые ее главы изнутри, из самого существа вопросов, возникающих при изучении живой природы.

* * *

После похорон Николая Александровича мы шли вдвоем с М.Л. Цетлиным. Я сказал ему: «Знаешь, Миша, мы похоронили Николая Александровича, а его идеи будут жить и развиваться, и память о нем не умрет». Он грустно ответил: «Нет, Ося, его скоро забудут. Ты прав — идеи его будут развиваться. Но их припишут себе те, кто будет их развивать. А Николая Александровича забудут. Его и сейчас мало кто читает». Миша Цетлин — на моей памяти — очень редко оказывался неправым. Но я рад, что это его высказывание оказалось ошибочным.

К глубочайшему сожалению, М.Л. Цетлин не успел развить свои идеи и разработать математический аппарат, адекватный исследованиям живой природы, хотя сделал бы это, я уверен, блестяще. М.Л. Цетлин ненадолго пережил Бернштейна. Он умер в расцвете сил 30 мая 1966 года.

Развитие бернштейновской идеи модели будущего

Рефлекторная теория на протяжении длительного времени развития — от Рене Декарта до Ивана Павлова — охватывала и объясняла все более широкий круг функций нервной системы и заняла центральное место в нейрофизиологии. Более того, выявилась тенденция искать в ней опору даже в некоторых направлениях психологии.

Рефлекторная теория, исходя из принципа причинности, имела дело с настоящим и прошедшим временами. Все, что происхо-

лит сейчас, имеет причину в прошлом. В физиологии и некоторых других биологических науках отчетливо проступала тенденция следовать теми путями, которыми шли науки, развившиеся раньше и достигшие больших успехов, науки о неживой природе. Хорошо развитая наука в состоянии применить к каждому изучаемому ею явлению два существеннейших вопроса. Первый вопрос — как происходит явление, и второй — почему оно происходит. Второй вопрос ставит изучение явлений в рамки строгой причинности. Необходимость и достаточность ответа на эти вопросы казалась очевидной для наук, достигших теоретической зрелости, прежде всего — физики.

В физиологии же, как и в других науках о живой природе, ответа на эти вопросы не достаточно, на что и обратил внимание Н.А. Бернштейн. Существенное отличие явлений живой природы от неживой в их целесообразности, т.е. в соответствии определенной цели. Таким образом, в отношении живой природы возникает третий вопрос — для чего существует то или иное приспособление в организме, к какой цели оно направлено, какую доступную наблюдению задачу оно предназначено решать.

Такая постановка вопроса встретила отчетливое противодействие со стороны многих физиологов: как же так, причина не предшествует следствию, а возникает после него? Нет, причина предшествует следствию в виде модели будущего, закодированной в нервной системе живого организма. Бернштейн пишет, что «цель, понимаемая как закодированная в мозгу модель потребного организму будущего, обуславливает процессы, которые следует объединить в понятие целеустремленности... А вся динамика целеустремленной борьбы посредством целесообразных механизмов есть комплекс, который правильнее всего объединить термином *активность*».

Понятие модели потребного будущего было выдвинуто Бернштейном. Без модели того, что должно стать в результате собственных действий, у животного или человека не может возникнуть программа действий, не может сформироваться двигательная задача. И принцип причинности не нарушен. Не наступающие в результате действия последствия предопределяют более ранние действия (как неграмотно приписывали Бернштейну его противники), а предшествующая действию модель потребного будущего предопределяет и направляет последующее действие.

В программной статье «Проблема взаимоотношений координации и локализации», опубликованной в 1935 году, Бернштейн уже говорит о «наличии в центральной нервной системе "проекта движения", его целостной формулы»¹⁵.

Подробнее модель будущего — того, что должно стать, — разбирается Бернштейном в 1961 году в статье «Пути и задачи физиологии активности». «Подобно тому, как мозг формирует *отражение* реального внешнего мира — фактической ситуации *настоящего* момента и пережитых, запечатленных памятью ситуаций *прошедшего* времени, он должен обладать в какой-то форме способностью «отражать» (т.е., по сути дела, конструировать) и не ставшую еще действительностью ситуацию непосредственно *предстоящего*, которую биологические потребности побуждают его реализовать. Только такой уяснившийся образ потребного будущего и может послужить основанием для оформления задачи и программирования ее решения»¹⁶. В той же статье Бернштейн обращает внимание на существенное различие между моделью прошедше-настоящего и моделью будущего. «Первая модель *однозначна и категорична*, тогда как вторая может опираться только на экстраполирование с той или иной мерой *вероятности*»¹⁷. К этому вопросу Бернштейн обращается и в 1962 году в статье «Новые линии развития в современной физиологии»¹⁸.

С этого времени понятие «вероятностное прогнозирование», предложенное мною, было принято Бернштейном и заняло прочное место в его работах. В 1963 году Бернштейн четко намечает место вероятностного прогнозирования в системе физиологии активности¹⁹.

Бернштейн отмечает, что *вероятностное моделирование будущего* лежит в основе активности всех организмов, начиная с самых низших. В упомянутой выше работе 1963 года он развивает эту мысль. Жизненно полезное или значимое действие не может быть ни запрограммировано, ни осуществлено, если мозг не создал для

¹⁵ Бернштейн Н.А. Физиология движений и активность. М., 1990. С. 282.

¹⁶ Там же. С. 416.

¹⁷ Там же. С. 422.

¹⁸ В кн.: Материалы конференции по методам физиологических исследований человека / Под ред. А.А. Летавета, В.С. Фарфеля. М., 1962. С. 15–21.

¹⁹ См.: Бернштейн Н.А. Физиология движений и активность. М., 1990. С. 438.

этого направляющей предпосылки в виде **модели потребного будущего**. Для реализации потребного будущего необходимы **вероятностное прогнозирование** дальнейшего развития ситуации и **программирование** действий, которые направят развитие ситуации в нужную сторону, соответствующую достижению желаемого (потребного) результата.

Вероятностное прогнозирование входит существенным звеном в организацию поведения животных и действий человека; в некоторых случаях патологии наблюдаются характерные его нарушения. Вероятностное прогнозирование возникает на базе памяти о прошлых событиях и информации о текущих, поставляемой органами чувств. Возможность вероятностного прогнозирования обеспечивается соответствующей организацией памяти²⁰.

Вероятностное прогнозирование — результат развития жизни в вероятностно организованном мире. Вероятностный прогноз — своеобразная субъективная модель среды, окружающей человека или животное. Формулу поведения можно выразить словами «**видеть, предвидеть, действовать**»: видеть реальную ситуацию, предвидеть ее дальнейшее развитие, действовать для достижения поставленной цели.

Движения программируются и осуществляются в условиях динамичной, изменяющейся среды. Таким образом, в необходимое, желаемое состояние (модель потребного будущего) должно быть обращено не то состояние, которое имеется в момент программирования и даже начала движения, а то, которое наступит с наибольшей вероятностью через какое-то время — когда будет реализовываться намечающееся движение. Ведь результат движения зависит не только от двигательных команд, но и от того, что произойдет в это время в окружении — какие силы возникнут и какие перемещения тел произойдут. Здесь речь идет о силах и перемещениях, неподвластных животному или человеку. А к преодолению (или использованию) этих сил и перемещений (как и реактивных сил — сил «отдачи» — между звеньями суставчатых конечностей) надо готовиться заранее, чтобы получить желаемый результат достаточно точно и быстро.

В статичной, неизменной среде для получения желаемого результата необходимо было бы иметь:

- образ того, что должно стать, — модель потребного будущего Sollwert;
- образ того, что есть сейчас, — Istwert;
- образ действий, которые должны преобразовать Istwert в Sollwert.

В динамичной же среде, в которой происходят изменения независимо от действий субъекта, в желаемую ситуацию надо преобразовать не то, что есть сейчас, а то, что будет в момент, когда разовьются его действия. Так, стреляя по движущейся мишени, надо целиться не в саму мишень, а в то место, где вероятнее всего она окажется в момент, когда пуля достигнет ее уровня.

Можно выделить по крайней мере три уровня вероятностного прогнозирования в динамичной среде²¹.

Планируя действия в динамичной среде, надо прогнозировать, какие изменения вероятнее всего произойдут в ней за время осуществления этих действий. Этот уровень вероятностного прогнозирования можно назвать **вероятностным прогнозированием наблюдателя со стороны**. Прогнозирующий субъект наблюдает события ему неподвластные, ход которых не зависит от его действий. Таков, например, прогноз погоды.

Более высокий уровень вероятностного прогнозирования — это прогнозирование результатов действий, при выполнении которых прогнозирующий сам является активным участником событий, зависящих и от его собственных действий. Это **прогноз активного участника событий**. В этом случае в прогнозирование включаются собственные действия — учет того, «что будет, если я сделаю то-то, какие мои действия приблизят будущую ситуацию к моей модели потребного будущего».

Оба эти уровня вероятностного прогнозирования касаются действий в пассивной среде, не имеющей собственных целей, отличных от целей субъекта, не старающейся прогнозировать его предстоящие действия и «обмануть» прогнозы. Это ситуации, получившие в теории игр название «игра с Природой».

Вероятностное прогнозирование работает, однако, и на еще более высоком уровне, когда среда включает в себя активного

²¹ Фейгенберг И.М., Иванников В.А. Вероятностное прогнозирование и преднастройка к движениям. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978; Feigenberg J. Wahrscheinlichkeitsprognostizierung im System der zielgerichteten Aktivität. AFRO-Verlag, 2000.

²⁰ Фейгенберг И.М. Мозг, психика, здоровье. М.: Наука, 1972.

субъекта, имеющего свои цели, отличные от целей нашего субъекта. Оба субъекта стараются прогнозировать дальнейшие действия друг друга, строить свои прогнозы и вырабатывать свои программы для достижения своих целей. Это уже не «игра с Природой», а «игра с Партнером». Именно такая ситуация имеет место в спорте, в военном деле, в экономике (конкуренция), в целом ряде действий, в которых участвуют по меньшей мере двое людей, преследующих несовпадающие (а иногда и антагонистические) цели. В этой ситуации мы имеем дело с **вероятностным прогнозированием при «игре с активным Партнером»**. Здесь необходимо прогнозировать предстоящие с наибольшей вероятностью действия партнера и, в случае антагонистических целей, по возможности помешать его прогнозу моих собственных действий («финт» в спорте). Возникает многократная рефлексия. Это можно пояснить таким примером. За шахматной доской сидят двое — две личности, каждая со своим опытом, своим мышлением, своей манерой игры. Назовем их «Я» и «Он». Но у «Я» есть свое представление (модель) о том, что такое «Он». И у «Него» есть подобная модель, что такое «Я». И в структуру этой последней модели входит также представление «Я» о том, что такое «Он». Вот и получается многократная рефлексия: «Что “Я” думаю о том, как “Он” думает о том, что “Я” думаю о “Нем”». Вместо шахматистов могут быть экономисты двух конкурирующих фирм, стратеги двух враждующих армий и многие другие — любые два человека, участвующие в общих действиях. Понимаю, что мое изложение получилось сложноватым. А вот один мудрый английский поэт немудряще изложил это гораздо понятнее:

— Он целовал вас, кажется?
 — Боюсь, что это так...
 — Но как же вы позволили?
 — Ах, он такой чудак!
 Он думал, что уснула я
 И все во сне стерплю,
 Иль думал, что я думала,
 Что думал он, что сплю.

(Перевод С.Я. Маршака из английской поэзии)

Такова иерархия уровней вероятностного прогнозирования. Поскольку ситуация игры с активным партнером наиболее сложна и опасна, человеку свойственно видеть в неизвестной ему ситуации именно активного Партнера. Отсюда, вероятно, идет формирование в сознании древних людей антропоморфных или подобных животным божеств, олицетворяющих силы Природы. Божества эти могут быть самыми фантастичными, но почти всегда они активны, что выражается в чертах людей и животных, причудливо сочетающихся в них. Их можно попытаться задобрить, обмануть и т.п. Этим «игра с Партнером» отличается от «игры с Природой».

Планы и прогнозы у человека резко отличаются от планов и прогнозов у животных. У животных психологическая память хранит только индивидуальный опыт данного индивида; и прогнозы и планы распространяются вперед только в пределах его собственной жизни. У человека память распространяется назад далеко за пределы собственной индивидуальной жизни, включает опыт других людей, опыт предыдущих поколений; соответственно, прогнозы и планы человека распространяются вперед далеко за пределы индивидуальной собственной жизни. В этом, может быть, одно из существеннейших отличий человека от животного.

ПОСЛЕСЛОВИЕ

Н.А. Бернштейн скончался в Москве 16 января 1966 года.

Николай Александрович не прерывал интенсивной работы, и до последних дней тянулась к нему научная молодежь — а он всегда был готов помочь, направить, покрикетовать — глубоко и доброжелательно.

Примерно за год до кончины он пригласил своих учеников к себе домой на улицу Щукина. В этот день он был активен, деятелен, напорист; сказал, что хочет подумать о дальнейшей работе — что надо сделать и кому что именно, чтобы работа непременно продолжалась, если кто-нибудь и выйдет из строя. А больше всего шансов выбыть, говорил он, у него — просто по возрасту.

Весь год он работал — много больше, чем позволяли его физические возможности, но никто не слышал от него жалоб на здоровье. И только значительно позже узнали, что он собирал своих учеников не случайно: сам поставил себе роковой диагноз и оставшееся время энергично использовал для того, чтобы работать, чтобы обеспечить продолжение своего дела.

Вся творческая жизнь Н.А. Бернштейна связана с изучением физиологии движений. Не касаясь важности этой функции как средства активного взаимодействия с окружающей средой, способа получения информации о ней, взаимодействия с другими особями, средства добывания пищи и самосохранения, следует подчеркнуть, что даже в простейшем акте двигательного поведения центральная нервная система выступает как орган, способный планировать двигательные акты, превращать эти планы в необходимую «двигательную партитуру», осуществляя реализацию конкретных движений, оценивать результат и на этой осно-

ве корректировать движения, совершенствовать и развивать двигательные навыки. В осуществлении движений принимают участие все отделы центральной нервной системы — от спинного мозга до ассоциативных областей коры больших полушарий. Этот набор функциональных действий, функциональных качеств или функциональных блоков необходим для управления движениями, характеризующимися, как известно, огромным разнообразием. Этот же набор функциональных блоков может быть использован и для осуществления других функций мозга.

Двигательная функция как объект изучения имеет ряд привлекательных для исследователя черт: возможность оценивать конечный результат — движение, его кинематику, динамику и энергетику. Вместе с тем этот объект чрезвычайно сложен. Н.А. Бернштейн внес очень весомый вклад в разработку раздела физиологии, имеющего высокую степень интегративности. Физиология движений — это не только биомеханика и нервно-мышечная физиология, она тесно связана с общей биологией и психологией. Труды Бернштейна оказали большое влияние на развитие физиологии, психологии, биологии, кибернетики, философии естествознания.

Николай Александрович обладал удивительной способностью видеть перспективы развития науки, прогнозировать ее главные направления. Его труды получили признание и стали классическими в мировой науке. Он вошел в историю науки как ученый, заложивший основы современной биомеханики движений человека и теории управления движениями, как экспериментатор и мыслитель, основоположник физиологии активности.

Обстоятельства последних лет жизни Н.А. Бернштейна сложились так, что не осталось организационно (формально) единого коллектива, работавшего под его руководством. Тем не менее (и это весьма показательно) его направление продолжало и продолжает продуктивно развиваться. Исследовалась биомеханика спортивных движений. Интенсивно изучались нервные механизмы управления локомоцией, структура двигательного действия. Развивались представления об образе (модели) потребного будущего как руководящем начале предстоящих движений. Исследовались механизмы двигательной преднастройке.

Идеи Бернштейна оплодотворили работы в области математического и физического моделирования функций опорно-двигатель-

тельного аппарата и системы управления движениями, получили выход в робототехнику, в создание оптимальных конструкций протезно-ортопедических изделий.

В 1967 году издательство «Пергамон-пресс» выпустило книгу «The Coordination and Regulation of Movements». С этого времени широкий круг зарубежных физиологов ознакомился с идеями и конкретными результатами исследований Бернштейна. Они оказали большое влияние на проводимые в их странах исследования в области регуляции движений животных и человека, в области психологии. Так, например, в руководстве «Двигательное поведение человека» под редакцией Дж. Келсо (1982) раздел «Степени свободы, координативные структуры, преднастройка (бернштейновские перспективы)» состоит из трех глав: I. Проблема степеней свободы и вариативности; II. Взаимодействие мышц и координативные структуры; III. Настройка координативных структур с особым вниманием к восприятию. В этих главах излагаются исследования американских лабораторий, выполненные в русле идей Н.А. Бернштейна.

В 1969 году в США издается руководство «A Handbook of Contemporary Soviet Psychology» под редакцией M. Cole и I. Maltzman. В нем помещен написанный Бернштейном для этого издания раздел «Methods for Developing Physiology as Related to the Problems of Cybernetics».

В книге «Mathematische Modellierung von Lebensprozessen», Берлин, 1972, помещен перевод на немецкий язык статьи Н.А. Бернштейна «Probleme der Modellierung in der Biologie der Aktivität».

Большое значение работ Н.А. Бернштейна для современной науки отметила и психологическая энциклопедия (The Encyclopedic Dictionary of Psychology, ed. by Harre R., Lamb R., Oxford, Blackwell, 1983) в статьях System Theory и Marxist Psychology.

В 1984 году издательство North-Holland издает книгу «Human Motor Action: Bernstein Reassessed», ed. H.T.A. Whiting, Amsterdam. Каждый раздел книги начинается одной из работ Бернштейна, а затем следуют статьи двух-трех западных исследователей, развивающих соответствующие идеи Бернштейна.

В 1988 году выходит на немецком языке вторым дополненным изданием книга N.A. Bernstein, «Bewegungsphysiologie», hrsg. von L. Pickenhain, G. Schnabel, Leipzig, Barth.

1996 год — год столетия со дня рождения Н.А. Бернштейна — был отмечен представительными международными конференциями. Одна из них прошла в Германии. Ее материалы изданы в книге «Bewegungskoordination und sportliche Leistung integrativ betrachtet», hrsg. P. Hirtz, F. Nuske, Hamburg, 1997. Другая конференция, посвященная бернштейновскому юбилею, была проведена в Пенсильванском университете (США). В том же юбилейном году издательство Lawrence Erlbaum Assoc. (США) выпустило книгу «Dexterity and Its Development», ed. M.L. Latash, M.T. Turvey. Первую половину этого тома составляет английский перевод книги Бернштейна «О ловкости и ее развитии». А вторую половину — статьи ученых из разных стран, продолжающих исследования в направлении, заданном Бернштейном.



Н.А. Бернштейн.
Чеканка по меди, выполненная Е. Гагва в 1971 году

В 1998 году под редакцией профессора Марка Латаша выходит книга «Progress in Motor Control. Volume 1: Bernstein's Traditions in Movement Studies», опубликованная издательством Human Kinetics. 16 глав этой книги написаны учеными, развивающими в разных странах идеи Бернштейна.

Постоянная рубрика «Bernstein's Heritage» печатается в журнале «Motor Control. The International Journal for the Multidisciplinary Study of Voluntary Movement».

Работы Н.А. Бернштейна — не только исторический памятник, но и прожектор, освещающий дальнейший путь развития науки.

Широта охвата, глубина анализа, удивительная ясность мысли ставят Н.А. Бернштейна на почетное место среди классиков науки о мозге, причем классиков, значение работ которых не ослабевает со временем, а становится все более очевидным и вдохновляющим на новый научный поиск.

Идеи Бернштейна — семена, посеянные на научном поле мировой науки. Я уверен, что молодые читатели этой книги увидят обильные всходы. А кое-кто, может быть, и сам потрудится на этом поле.

ПОСЛЕ ПОСЛЕСЛОВИЯ

Эту книгу я начал мыслью о том, что первые краеугольные камни закладываются в личность человека раньше, чем происходит его физическое рождение. На примере жизни Николая Александровича Бернштейна я попытался проследить корни его яркой личности в семье, даже в отдаленных поколениях семьи, в ее культуре.

Заканчивая книгу, хочется вернуться к этой мысли.

Николай Александрович Бернштейн был человеком разносторонним, многогранным, обладающим богатой душой. А что такое душа?

Кто-то из крупных патологов (кажется, Рудольф Вирхов) сказал, что он всю жизнь вскрывал умерших и ни разу не видел того пустого места, где при жизни могла бы помещаться улетевшая теперь душа.

Но душа не может быть чем-то сверхъестественным, мистическим, к чему неприменимы никакие сравнения с явлениями природы. Душа — это характер человека, его доброта, идеалы, отношение к другим людям и к жизни, к своим и чужим делам, его творчество, его видение мира. И природа этой души — не вещественная и не сверхъестественная (само сочетание слов «сверхъестественная природа» — нелепо).

Искать ее «место», «локализацию» в теле человека так же бессмысленно, как искать идею книги, ее суть, перебирая страницы. Толстый том может быть бессодержательным, но большое содержание может нести в себе короткое стихотворение. Душа человека — его «содержание».

Со смертью человека исчезает его тело. Точнее — распадается на молекулы. Ведь тело определенного неповторимого человека — это молекулы, составленные строго определенным и неповторимым образом. После смерти из тех же молекул может быть составлено что-то новое — но уже другое.

Душа же человека не исчезает после смерти. Она сохраняется. Какие-то ее части продолжают жить в памяти и делах последующих поколений, в детях и учениках. Какие-то ее части — остаются в том, что сделано человеком: в посаженном дереве, в построенном доме, в оборудованном жилье, в вырытом колодце, в проложенной дороге, в сконструированной машине, в нарисованной картине, в сочиненной музыке, в написанной книге.

Но и в построенном доме и в написанной книге душа создателя не живет. Жить — значит развиваться, изменяться. В книге, картине душа их создателя не развивается, но сохраняется. И начинает снова жить и развиваться дальше только тогда, когда другой человек задумается, созерцая картину, или слушая музыку, или читая книгу. Задумается и сделает что-то, влияющее на жизнь, изменяющее что-то в жизни ближайшего окружения этого человека, а иногда — и в жизни людей, отдаленных и в пространстве и во времени. Бывает, что богатая душа человека долго сохранялась после его смерти, а потом вновь оживала. Так было с музыкой Иоганна Себастьяна Баха.

Творения рук человеческих сохраняют душу и могут беречь ее очень долго. Это похоже на то, как дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) сохраняет — и даже после смерти организма — информацию о нем. Можно сказать, что ДНК сохраняет «душу» биологического вида, народа — «естественную часть» этой души. А творения рук человеческих сохраняют «культурную часть» души. Первая свойственна всему живому и довольно стабильна, изменяется медленно. Вторая есть только у человека с его культурой, и она гораздо подвижнее, изменчивее.

Дальнейшая жизнь души может быть иногда совсем не такой, какой ее представлял себе обладатель (создатель) «исходного образца». Великими произведениями искусства и литературы становятся те, которые впоследствии оказались неоднозначными, допускающими множество разных, совсем не совпадающих между собой прочтений, трактовок, оценок. «Молчат гробницы, мумии и кости...» Но они начинают говорить, когда появляется умеющий

слышать их человек. И тогда «душа», которую они только хранили, начинает жить и развиваться в человеке слушающем и творящем что-то новое.

В этом смысле бессмертная душа присуща только человеку, носителю культуры и ее творцу. Душа бессмертна, пока существуют люди с их культурой, языком, искусством, творчеством.

Душе Николая Александровича Бернштейна предстоит, я уверен, еще долгая жизнь. И существенная ее часть хранится в оставленных им книгах. И будет жить долго.

В первой главе этой книги я постарался проследить некоторые (далеко не все!) черты прошлого и людей, духовное наследие которых формировало душу Николая Александровича. Настанет время, и кому-нибудь удастся узнать, в чьи души и дела воплотятся те или иные черты души Николая Александровича. А некоторые из молодых читателей этой книги, надеюсь, смогут и дальше развить идеи Николая Александровича — продолжая тем самым жизнь его души. И мне хочется к ним обратиться со словами Н.А. Бернштейна: «Я в вашем успехе уверен — то вслух говорю, не тайком». Но это уже — дело будущего.

ПРИЛОЖЕНИЕ

В приложении помещены некоторые работы Н.А. Бернштейна, которые позволят читателю «из первых рук» познакомиться с идеями замечательного ученого. Выбирая материалы, я руководствовался следующим: тексты должны быть достаточно короткими и в то же время отражать основные идеи Н.А. Бернштейна; они написаны так, чтобы быть понятными широкому кругу читателей, людям разных профессий, студентам; они отражают широкий круг проблем, которые волновали Бернштейна, были предметом его раздумий и исследований. Это проблемы физиологии движений и пути развития физиологии в целом, приведшие Бернштейна к созданию физиологии активности; общебиологические, психологические и философские проблемы; физиологические и биологические вопросы, связанные с выходом человека в околоземное космическое пространство; постоянный — с юношеских лет — интерес Бернштейна к технике.

Статьи расположены в хронологическом порядке. Большинство из них были в свое время опубликованы в изданиях, ставших теперь библиографической редкостью, и не вошли в позднее изданные сборники трудов Бернштейна.

Статья «Основные методологические позиции физиологии движений» при жизни автора не опубликована. Она была написана, видимо, в конце 1940-х годов, незадолго до разгромной сессии Академии наук СССР 1950 года, перекрывшей возможность публикации. Она была опубликована только в 1992 году в сборнике Центрального научно-исследовательского института протезирова-

ния и протезостроения (Москва) «Биомеханика и протезирование». В ней прослежены пути науки

- от рефлекторной дуги — к рефлекторному кольцу;
- от сигнально-пусковой роли афферентных сигналов (от органов чувств) — к их сенсорно-корректирующей роли в целенаправленных действиях организма.

В статье сформулирована основа того, что потом привело к идее о модели будущего (см. посмертно же опубликованную статью «От рефлекса к модели будущего», публикуемую ниже).

Бернштейном показана роль гипотезы в современной науке (в отличие от взглядов И. Ньютона).

«Новые линии развития в современной физиологии» — доклад, прочитанный Бернштейном в 1962 году на Конференции по методам физиологических исследований человека. Этому предшествовал многолетний период вынужденного молчания, когда его работы (а он продолжал творчески работать!) не печатали. Первая конференция, на которой Бернштейн выступил с большим докладом, где изложил свои мысли о дальнейших путях развития физиологии и, в частности, о физиологии активности. В докладе Н.А. Бернштейн впервые пользуется понятием «вероятностное прогнозирование». Текст доклада опубликован в материалах конференции, изданных Институтом гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР (Москва, 1962).

В «Предисловии» к популярной брошюре А.В. Напалкова и Н.А. Чичваринной «Мозг и кибернетика» (М.: Знание, 1963) Н.А. Бернштейн останавливается на вопросе о том, могут ли искусственные электронные модели прояснить нам то, что совершается в тайниках и недрах живого мозга.

Примечания к очерку К.Э. Циолковского «Механика в биологии» написаны Бернштейном для издания собрания сочинений отца космонавтики Циолковского, в котором был впервые (по рукописи 1919 года) опубликован названный очерк¹. Сопоставляя линейные размеры человека и напряженность гравитационного

¹ Циолковский К.Э. Собр. соч. Т. 4: Естествознание и техника. М.: Наука, 1964. С. 264—285.

поля, Бернштейн показывает, что механика Ньютона не исчерпывает все случаи, которые относятся к поведению живых существ в различных гравитационных полях. Эти же проблемы возникают при напряжениях за счет высоких ускорений в активных фазах космических полетов.

Статья «От рефлекса к модели будущего» написана в последний год жизни, когда Бернштейн, преодолевая болезнь, упорно работал над завершением двух книг: «Очерки по физиологии движений и физиологии активности» на русском языке и «The Co-ordination and Regulation of Movements» на английском. Обе книги увидели свет уже после смерти автора. Несмотря на болезнь и большую занятость работой над этими книгами, Бернштейн считал нужным подвести итоги своей работы в популярном очерке, доступном широкому кругу читателей. Этот очерк — «От рефлекса к модели будущего» — был опубликован (тоже после смерти автора) в газете «Неделя» № 20 за 1966 год (позже этот очерк был опубликован на английском языке²).

Статья «Кое-что о письме и почерке» опубликованная в журнале «Наука и жизнь» в 1964 году позволит читателю увидеть Н.А. Бернштейна в качестве талантливого популяризатора науки с очень широким кругом интересов.

РАБОТЫ Н.А. БЕРНШТЕЙНА

² From Reflexes to the Model of the Future // Motor Control. July 1999. Vol. 3. № 3.



Одна из последних фотографий Н.А. Бернштейна

ОСНОВНЫЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОЗИЦИИ ФИЗИОЛОГИИ ДВИЖЕНИЙ

Физиология движений вообще, а физиология двигательных актов человека — в особенности, до настоящего времени принадлежат к числу наиболее отставших, наименее разработанных разделов физиологии. Это тем более странно, что интерес к этой, неоспоримо важной и практически значимой области проявлялся уже с очень давних времен (Леонардо да Винчи в XVI, Борелли — в XVIII веке), приводил же каждый раз лишь к талантливым, но кратким вспышкам, не оставлявшим после себя ни научной школы, ни исследовательской традиции. В XIX веке мы имеем в этой области, на Западе, вдумчивые, но примитивные, безаппаратурные наблюдения братьев Вебер, богатейшую, но брошенную без всякого анализа коллекцию хронофотографических документов Марeya и дотошный, чисто немецкий 6-томный труд Брауна и Фишера о трех двойных шагах служителя лаборатории, их единственного подопытного лица. За текущий век вся зарубежная литература не принесла здесь ничего нового.

Отечественная наука прошлого столетия внесла в учение о движениях принципиально гораздо больше. Здесь необходимо упомянуть с уважением о детальных изысканиях по динамической анатомии создателя русской науки о физическом воспитании П.Ф. Лесгафта, на первое же место поставить гениальную искру научного предвидения — доселе всеми читаемую, написанную молодым И.М. Сеченовым, книгу «Рефлексы головного мозга».

На склоне жизни, в начале нашего столетия, И.М. Сеченов выпустил небольшую книгу, специально посвященную двигательной физиологии, — «Очерк рабочих движений человека». Этот

очерк, отмеченный тонкою наблюдательностью и вдумчивостью, всегда отличавшими «отца русской физиологии», и поныне читается с интересом и пользой. Однако и в жизни самого И.М. Сеченова, никогда специально не занимавшегося движениями, он составляет лишь случайный эпизод.

Такое небрежение к физиологии двигательных функций как в иностранной, так и в русской науке тем более трудно объяснить, что параллельные ей вопросы — физиология воспринимающих функций, т.е. работы органов чувств, — уже более столетия разрабатываются непрерывно и с огромным успехом и породили к нашему времени необъятную научную литературу. Это можно с полным правом сказать как о биофизике органов чувств, основанной Гельмгольцем и развивавшейся Неристом, Лесом, у нас — Лазаревым, Кравковым, Ржевским и др., так и о их психофизиологии (Фехнер, Вундт, в России — Теплов, Гращенков, Кекчеев и др.). Обширны и многосторонни и возникшие за этот период практические приложения этой ветви физиологии.

Если бы Землю посетило разумное существо с другой планеты, никогда не выдавшее человека, и, чтобы ознакомиться с ним, взяло бы в руки один из современных учебников физиологии человека, то оно, вероятно, получило бы о нем в высшей степени странное представление. Перед ним предстал бы образ организма необычайной стройности и совершенства и необычайной же сложности. В этом организме с поражающей точностью взаимной регуляции совершается усвоение пищи и кислорода, замечательно налаженный обмен веществ, тончайшие регулировочные автоматизмы системы кровообращения; внутренняя секреция; выделение; кроветворение; барьерные и противомикробные устройства; наконец, разветвленная повсеместно нервная система, простирающая свою координирующую власть (как это недавно блестяще показал советский ученый, акад. К.М. Быков) на все без исключения отправления внутренних систем организма. Но... у этого изумительно оснащенного создания нет движений! Инопланетному пришельцу приходится вообразить себе человека или недвижно лежащим на ложе или, может быть, столь же недвижно витающим где-то в межзвездном пространстве, вдали от каких бы то ни было внешних сил и предметов, даже вне действия поля тяготения. Зачем тогда ему, спрашивается, нужны все эти тончайшие регуляции органов?

О практической, прикладной важности науки о движениях человека писалось достаточно, и вряд ли кому-нибудь нужно обосновывать сейчас значимость этой области. В настоящей статье будет рассмотрена основная методологическая платформа этой молодой отрасли советской физиологии; попутно же будет сделана попытка показать, как недоразвитие столь значительной области физиологии приводило, помимо прямого ущерба для знаний об этом предмете, еще и к большим методологическим искажениям и неправильностям трактовки в целом ряде других областей физиологии, органически и неразрывно связанных с двигательными функциями, — как у животных, так и у человека.

Пренебрежение к физиологии двигательных актов на всем протяжении истории общей физиологии и физиологии человека помешало исследователям сосредоточить внимание на целом ряде важнейших биологических зависимостей и закономерностей.

Из всех форм взаимодействия живого существа с окружающим его миром движения имеют для него особенно важное, исключительное значение. В самом деле, посредством движений живое существо не только участвует в ходе явлений окружающего мира, но и само целеустремленно производит явления во внешнем мире. Именно движения, двигательные акты в огромном большинстве случаев представляют собой то средство, с помощью которого живое существо борется за свою безопасность, свои потребности, за все жизненно необходимое для него; посредством движений оно стремится преодолеть совокупное действие внешнего окружения в таком направлении, в каком это ему нужно. Таким образом, двигательные акты — это одно из наиболее четких проявлений борьбы за существование в животном мире. Понятно, что, не изучая этих двигательных актов, физиологи не могли заметить и оценить должным образом целый ряд фактов первостепенной важности. Ниже будут названы главные из фактов этого рода.

Как очень давно установлено физиологией (Ч. Белл, 1820-е годы), все периферические нервные проводники четко подразделяются на два класса в зависимости от направления, в котором пробегают по ним нервные импульсы. Проводники, передающие нервные разряды по периферии тела к мозгу, называются центробежными или афферентными; проводники, действующие в противоположном направлении и осуществляющие

все активные проявления мозга, носят название центрбежных или эффекторных.

Изю всех эффекторных проявлений деятельности организма внимание физиологии сосредоточивалось постоянно на очень элементарных и быстротечных явлениях, к тому же, по большей части, биологически малозначущих. Или это были проявления деятельности наружных желез (например, слюноотделительная секреция), или, если речь шла о движениях, то в поле зрения попадали коротенькие, отрывочные телодвижения вроде отдергивания лапки животного из-за болевого раздражения кожи и т.п. Наблюдение подобных элементарных эффекторных процессов точно установило, что во всех них воспринимающая или афферентная функция обязательно участвует в роли пускового сигнала для каждого из них. Описываемые элементарные реакции, включаемые или пускаемые в ход тем или другим афферентным сигналом и выливающиеся в одну из названных элементарных ответных форм, получили название рефлексов; типовой маршрут нервного импульса при них — с периферии в мозг, отсюда опять обратно на периферию — в мышцу или железу — был обозначен образно и вполне законно как рефлекторная дуга.

Действительно, в таких отрывочных актах типа болевого оборонительного рефлекса отдергивания роль воспринимающей функции и ограничивается одною только подачей пускового сигнала. Между тем, внимательное экспериментальное изучение разнообразных двигательных актов более сложного строения и большей значимости показало, что восприятие через органы чувств, создающее в мозгу верное отражение внешнего мира, играет важнейшую роль на всем протяжении двигательного акта, как бы долго он ни длился. Эта роль, не имеющая ничего общего с вышеуказанной пусковой ролью, целиком прошла мимо внимания физиологии, сумевшей заметить и оценить ее должным образом только в последние годы. Из последующего уяснится, в чем состоит эта основная роль воспринимающей функции в движении и почему она не была заметна на элементарных рефлексах.

Судя лишь по этим элементарным реакциям, физиологи считали, что достаточно включить в действие тот или иной двигательный акт (как включают самоходный станок или патефонную пластинку) — и он уже будет дальше разворачиваться сам собою, автономно, по внутренним законам эффекторного процесса. За-

дача координации, по этим воззрениям, состоит только в том, чтобы как можно совершеннее уточнить и отшлифовать этот эффекторный нервный процесс, текущий из мозга в мышечную систему, оформляя его посредством строгого, точного динамического баланса между возбуждениями и торможениями.

Что более или менее справедливо для отдергивания ушибленной лапки или подобных ему малозначительных, кратких телодвижений, оказывается в корне неверным для тех смысловых двигательных актов, которые заполняют всю жизнь животного в его борьбе за существование (не говоря уже о человеке).

Каждое движение, если только в нем есть какой-нибудь реальный прок и смысл для живого существа, непременно преодолевает на своем пути какие-то внешние силы; вся суть его заключается в целеустремленной борьбе с ними. Переправляется ли это существо вплавь через бурный поток, карабкается ли на скалу или дерево, бьется ли в смертельной схватке с соперником или хищником, лежит ли, бежит ли, роется ли в поисках пищи для себя и детей — всегда и везде оно превозмогает своими мышечными усилиями внешние силы тяжести, трения, гидродинамического сопротивления, действия мышц противника и т.д. При этом каждое осмысленное, целеустремленное движение (все равно, орла, караса, павиана или человека) решает какую-то двигательную задачу, вставшую перед этим существом, задачу, для решения которой оно располагает теми или другими подходящими средствами. И эта двигательная задача и те силы, которые нужно преодолеть для ее решения, принадлежат внешнему миру, вне самого живого существа, и неподвластны ему непосредственно. Оно может усилием своей воли напрячь, как ему захочется, ту или другую из своих мышц, но оно не в состоянии подобным же усилием воли уничтожить силу тяжести или любое из тех внешних сопротивлений, которые ему приходится преодолевать. Даже так называемые пассивные части собственного двигательного аппарата — кости скелета, кожа и жир, облекающие мускулатуру, и т.д. — и они являются источниками добавочных, так сказать, полувнешних сил сопротивления, осложняющими движение своим мертвым весом, инерцией и силами взаимной отдачи (реактивными силами), возникающими между сочлененными звеньями тела.

Из сказанного уже вполне очевидно, что правильным образом разрешить двигательную задачу, находящуюся во внешнем мире

и требующую целесообразного преодоления внешних сил, невозможно без того, чтобы в течение всего двигательного акта, от начала до конца, выверять его при посредстве всех органов чувств, следить и контролировать миг за мигом, так ли, как нужно, идет дело к желаемому разрешению задачи, и вносить в каждое требующее этого мгновение необходимые поправки. Механизм этих непрерывных текущих поправок к движению (называемых сенсорными коррекциями) изучен для ряда движений очень точно, и достаточно известно, к каким тяжелым нарушениям двигательной координации ведет выпадение тех или иных нужнейших для движения видов чувствительности и обеспечиваемых ими сенсорных коррекций.

Движение не может совершаться вслепую, по одним лишь внутренним законам баланса возбуждений и торможений, потому что его с первого же мгновения безнадежно сбывают и внешние силы, неизвестные организму наперед и неподвластные ему, и силы взаимных столкновений и отдачи в длинных, подвижных суставчатых цепях конечностей; и порыв ветра, и всплеск волны, и бросок вырывающейся из когтей жертвы, и все необозримое разнообразие переменчивых внешних обстоятельств. Очевидно, в элементарных актах вроде отдергивания лапки или появления во рту слюны при виде пищи сенсорные коррекции либо не успевают включиться из-за мимолетности двигательного акта, либо вовсе не пускаются в действие из-за его малозначимости. Впрочем, имеются уже указания на то, что и процесс слюноотделения при пережевывании и поглощении пищи управляется своеобразными сенсорными коррекциями, чутко регулируемыми от секунды к секунде количество и состав слюны в зависимости от характера пищи и хода процесса жевания.

Точное изучение двигательных актов показало неоспоримо, прежде всего, что с точки зрения биологического результата или эффекта движения (у человека в очень многих двигательных актах на первый план выступает социальный эффект) предполагавшееся старыми физиологами управление изнутри, вслепую, одними лишь эффекторными импульсами любой степени шлифованности, лишено какого бы то ни было смысла. Не менее важно, далее, и то, что самая управляемость двигательных органов тела становится возможной только при посредстве сенсорных коррекций. С современной точки зрения координация

движений и есть не что иное, как организация управляемости двигательного аппарата тела, достигаемая путем преодоления огромного избытка его степеней свободы подвижности при помощи сенсорных коррекций.

Таким образом, роль и деятельность чувствительных, афферентных систем организма только начинаются с момента подачи ими пускового сигнала очередного движения. Как только оно началось, в ответ на эффекторные (двигательные) нервные импульсы, бегущие от мозга к периферии тела, во всех чувствительных приборах двигательного аппарата (органах мышечно-суставной чувствительности — в первую очередь) возникают афферентные импульсы, бегущие в обратном направлении, от периферии к мозгу, и сигнализирующие ему, как началось движение и как оно потекло. Эти проверочные чувственные сигналы определяют собою в мозгу необходимые очередные сенсорные коррекции; те снова отправляются из мозга на периферию, в центробежном направлении, и подобным порядком нервный процесс в продолжение всего движения течет по кругу, описывая непрерывный, замкнутый кольцевой путь. Фундаментальная, всегдашняя форма пути нервного процесса при осуществлении смыслового двигательного акта есть поэтому форма рефлексаторного кольца.

Многое заставляет сейчас думать, что ранее привлекавшая внимание физиологов и подробно изученная ими форма рефлексаторной незамкнутой дуги представляет собою лишь неполную, незавершенную, а в иных случаях — рудиментарную, т.е. так или иначе неполноценную форму протекания нервного процесса, свидетельствующую либо о чрезмерной краткости и маловажности данного эффекторного проявления, либо же — видимо, еще чаще — о нашем неумении подметить и в подобном обрывочном акте наличие все тех же кольцевых сенсорных коррекций.

Нет сомнения, что в выполнении функций контроля эффекта движения и обеспечения его управляемости чувствительные системы организма ведут себя существенно иначе, нежели при несении ими же сигнально-пусковой службы; таким образом, пренебрежение к первым двум формам их деятельности неминуемо вело к одностороннему и неполному знакомству с психофизиологией органов чувств — органов, о которых в начале этой статьи было заслуженно указано, с каким вниманием и интере-

сом они изучались сами по себе. На рассмотренном примере ярко проступает действительная, не надуманная целостность всего организма, мстящая нам за невнимание к одним его функциям — неверным и односторонним освещением работы целого ряда других.

Действительно, ограничив по ходу своих наблюдений роль воспринимающих систем только подачей ими пусковых сигналов, старые физиологи существенно исказили этим понимание не только задач, но и самой структуры рецепторной (воспринимающей) функции. Для обеспечения сигнально-пусковой деятельности эволюционный отбор должен был максимально повысить, прежде всего, степень чувствительности рецепторов и их разрешающую способность, т.е. приспособленность к чуткому различению или дифференциации сходных между собою сигналов. И та и другая способности — как абсолютная, так и распознающая высокая чувствительность — принадлежат к анализирующему типу; в самой основе их лежит анализ, расчленение воспринимаемого материала, возможность выловить в непрекращающемся хаосе безразличных раздражений то единственное, которое обладает каким-то сигнальным значением для данной особи. И в самом деле, везде, где рецепторные системы выступают перед нами в сигнально-пусковой роли, они обнаруживают перед нами эти аналитические свойства, показывая у высших животных исключительную способность к дифференциации, т.е. различению элементарных чувственных сигналов, и к улавливанию этих сигналов из совокупности других, безразличных, даже если первые крайне слабы.

Высокою заслугой И.П. Павлова является идея применить открытые им явления условно-рефлекторных замыканий к точному количественному изучению обеих названных выше сторон деятельности органов чувств животных: как степени их чувствительности, так и их разрешающей способности. До открытий Павлова казалось, что нет совершенно никаких путей к тому, чтобы выяснить, как чувствует, видит, слышит собака или мартышка, различают ли они цвета и с какой степенью тонкости, какие воспринимают и распознают звуки и т.п. Открытие условных рефлексов и управляющих ими законов как бы приоткрыло перед нами стенки их тесных черепных коробок, на что никому не приходило в голову надеяться перед этим.

Рефлексологическая школа И.П. Павлова вполне последовательно и закономерно обозначила совокупность органов восприятия в мозгу названием «сигнальная система мозга», подчеркивая этим названием, какая именно сторона воспринимающей функции рассматривается и изучается ею. У человека для того, чтобы подчеркнуть его особую способность пользоваться в качестве пусковых сигналов словами речи, была предложена отдельная вторая сигнальная система, возглавляющая первую, — у животных единственную.

С той же последовательностью отдельным воспринимающим устройствам организма, состоящим из периферических органов чувств и их центрально-нервных аппаратов в коре большого мозга, было придано название анализаторов. Как вполне явствует из сказанного, рефлексологи с несотвратимой логичностью должны были поместить в центре внимания именно эту анализаторную сторону деятельности чувствительных систем, единственную выступавшую на передний план при подобном одностороннем взгляде на их работу.

Изучение управления целостными, смысловыми двигательными актами представило воспринимающие системы организма в совершенно другом свете. Уже разбор координационного построения двигательных актов и его нарушений в патологии, исследование того, как ведется управление движениями в порядке кругового процесса «рефлекторного кольца», показали со всей ясностью, что афферентные системы сигнализируют мозгу о ходе движения и обеспечивают основу для сенсорных коррекций не сырыми чувственными сигналами, обособленными друг от друга по признаку качества: отдельно осязательными, кинестетическими, зрительными и т.п. Наоборот, эти восприятия, обеспечивающие управление движениями, всегда имеют характер целых сложных синтезов, глубоко переработанных мозгом слепков разнороднейших ощущений, скрепленных между собою еще и многочисленными следами от прежних ощущений, сохраненными памятью. Например, пространственное поле, в котором организуются всевозможные переместительные движения человека, как ходьба и бег, и в котором у нормальных, зрячих людей первенствующую роль играет зрение, представляет собою (хорошо известный психофизиологам) синтез непосредственно зрительных ощущений, мышечно-суставных ощущений от мышц хрустали-

ков и глазных яблок, способствующих восприятию перспективной глубины, следов памяти от всего предшествующего опыта осязательных ощущений, впечатлений от собственных перемещений по пространству и т.д. Чем выше и эволюционно новее тот уровень, на котором строится в мозгу управление движениями, чем сложнее в смысловом отношении те двигательные задачи, которые доступны этому уровню, — тем сложнее и дальше от первичных, сырых ощущений тот сенсорный (чувственный) синтез, который обслуживает данный уровень, тем больше в нем внутренней, мозговой переработки, осмысления, упорядочения, даже схематизации первичных ощущений, которые в нем обобщаются.

Если от координационного управления движениями, представляющего собой так или иначе техническую сторону выполнения двигательных актов, обратиться к их смысловой стороне и вспомнить, что они представляют собою ответы, решения двигательных задач, возникших во внешнем мире, окружающем человека или животное, то оценка относительной значимости синтетического и аналитического начала в функции восприятия станет еще отчетливее.

Очевидно, что осмысление текущей внешней ситуации и обусловленной ею двигательной задачи, проектирование правильного решения ее, слежка за тем, правильно ли текут предпринятые движения и близится ли дело к требовавшемуся исходу, — все это нуждается не в сигналах, не в отдельных выхваченных из общей массы и тонко распознанных ощущениях. Органы чувств — окна, через которые в замкнутое вместилище головного мозга врывается окружающий внешний мир. Чтобы правильно разрешить двигательную задачу: шукле — погнаться за мелкой рыбкой и настичь ее, несмотря на все ее увертки; серне — верно оценить расстояние до утеса и вскочить на него, спасаясь от погони; медведю — отыскать медовое дупло и по сучьям и наростам коры вскарабкаться до него и т.д. и т.д., — нужно, прежде всего, правильно отразить в мозгу окружающий мир в его целом и во всех составляющих его предметах. Именно в этом направлении неуклонно шла эволюция и ее не знающий жалости исполнитель — естественный отбор. Живые существа, восприятия которых в чем-либо искажали действительность, являлись для нее неверным, кривым зеркалом, неумолимо приносились в жертву этому отбору. Все после-

довательное эволюционное усложнение и обогащение сенсорных синтезов шло по линии устранения искажений и неточностей отдельных органов чувств, обеспечения перекрестной сверки их показаний, их осмысления и т.д. В ходе эволюционного развития воспринимающих систем мозга как будто проявилась знаменитая формула, найденная основоположниками современной положительной науки и техники и ставшая их девизом: природа повинуетя следующему ее закону. Природа на всех ступенях развития покорялась лучше всего тем живым созданиям, которые воспринимали и осмыслили ее с наибольшей объективной верностью.

Разумеется, отрицать за органами чувств высокоразвитых организмов аналитическую функцию — значило бы идти против неоспоримых фактов. Но эта аналитическая функция занимает в их совокупной биологически значимой работе подчиненное место, идя впереди синтеза и пролагая ему путь. Таким образом, аналитическая и синтетическая функции в их взаимном рабочем противоречии образуют в деятельности воспринимающих систем явственное диалектическое единство, в котором завершающее и руководящее место занимает, безусловно, синтез.

Сказанное выше может отчасти по-новому осветить важнейший вопрос, волновавший во все века мыслителей и открывающий собой всю теорию познания: вопрос об объективном существовании внешнего мира и о взаимоотношениях между познаваемым и познающим.

Современный анализ эволюционного развития двигательной сферы очень четко показывает в биологическом плане, как необходимо должно было формироваться в центральной нервной системе верное объективной действительности отражение внешнего мира. Если оно становилось у тех или других особей неверным и обманчивым, если отражающее «зеркало» их кривилось, они платились за это поражением в очередном столкновении их практики с действительностью, а в конечном счете гибли.

Как только физиология взяла в обозрение весь организм как с его воспринимающими, так и с двигательными отправлениями, так тотчас же выявились отчетливые чисто биологические, чисто эволюционные предпосылки к постепенному формированию в центральных нервных системах еще задолго до человека объективно правильных отражений внешнего мира через посредство

органов активного восприятия; и именно двигательные акты, действия, практика жизни оказались теми биологическими критериями, которые устраняли из жизни неполноценные и фальшивые отражательные системы и обеспечивали преимущество наиболее верным и объективным.

Если бы вся биологическая задача воспринимающей функции ограничивалась только сигнально-пусковой и дифференцировочной (распознающей сигналы) ролью — дело могло бы выглядеть существенно иначе. Как та, так и другая из названных задач не требует от восприятия объективно верных отражений. Для того, чтобы выделить из общей массы ощущений изолированный сигнал к определенной реакции или отличить его от другого сигнала, похожего, но имеющего другое значение, могут быть вполне достаточными чисто условные сигнальные знаки или шифры, не имеющие по существу ничего сходного с действительностью. Достаточно лишь, чтобы один условный шифр всегда точно соответствовал, положим, полезной и вкусной добыче, а другой — вредной и ядовитой, и эти условные знаки будут уже вполне пригодными для сигнальной роли. Только разрешение целостных, смысловых двигательных задач во внешнем мире — то, мимо чего проходили старые физиологи, — требует бескомпромиссного и безусловного объективного отражения мира в мозгу таким, какой он есть.

Заслуживает внимания, что со времени установления И. Мюллером более ста лет назад так называемой специфической энергии мозговых воспринимающих аппаратов и их нервных проводников, в истории психофизиологии идет непрекращающийся горячий теоретико-познавательный спор о содержании и качестве ощущений в том самом плане, к которому мы подошли сейчас. Одни стоят на платформе непознаваемости окружающего нас мира и на чистой условности чувственных сигналов, доходящих от него до мозга. Эта же позиция, как мы видели сейчас, вполне удовлетворяет и рефлексологию; даже и название ее основного феномена — «условный рефлекс» — вполне гармонирует с этим воззрением, и дело здесь не в одном случайном, словесном совпадении. Условное сочетание или замыкание есть, в измененной терминологии, то самое явление, которое обозначается в психологии названием ассоциации по смежности. Сущность его состоит в том, что с неким явлением внешнего мира связывается в силу

чисто случайной одновременности возникновения то или другое ощущение, вызванное другим явлением и не имеющее с первым ничего общего, кроме этого случайного или полуслучайного совмещения обоих по времени. Этого совмещения достаточно, чтобы такое ощущение вступило с первым явлением в ассоциацию по смежности, т.е. сделалось для него условным сигналом. Именно так и получается, когда по произволу экспериментатора у одного животного условным сигналом близости пищи и условным раздражителем к слюноотделению становится синяя лампочка, для другого — скрип, писк или стук метронома. Однако приходится спросить себя: если и биологически, в естественных условиях, жизненный опыт животной особи будет формироваться сплошь в порядке столь же условных, шифровых значков объективной действительности, какое объективное отражение внешнего мира сможет выработаться у нее? И не махизм ли чистой воли — рисовать себе выработку этого отражения подобными путями? Правда то, что в лабораторной обстановке образования условных сочетаний животное лишено главного критерия объективности — практики: оно привязано к станку и не может ничего деятельно предпринять. В природных условиях обязательно должно выступить на сцену все то, что было уже выше сказано о построении смысловых двигательных актов и чего нет уже надобности здесь повторять.

Другое мировоззрение — мировоззрение диалектического материализма, не могущее оторвать восприятие внешнего мира от практики по отношению к нему, воспринимающую функцию от действующей, эффекторной, — в принципе не может принять какой бы то ни было условной символики нервных импульсов, несущих в мозге чувственные восприятия. Эти восприятия не состоят в условно-сочетательной связи с действительностью; они безусловно адекватны действительности, повторяют ее в отражении и перестают это делать разве лишь в состояниях глубоких душевных расстройств, в бреде или галлюцинациях.

Нельзя пройти мимо того, действительно огромного шага вперед к материалистической трактовке высшей нервной деятельности, который был сделан И.П. Павловым в последние годы XIX века на основе его прославленного открытия. То, что было высказано выше по отношению к работе органов чувств, — возможность заглянуть в недоступный нам другими путями внутрен-

ний мир животного, — распространимо и на очень многие другие стороны его психической жизни. Отправляясь от осязаемых и доступных прямому измерению низовых безусловных рефлекторных актов, прицепляя к ним по произволу самые разнообразные нервные процессы в верховных областях мозга, физиолог смог, хоть косвенно, хоть условно, замерить и изучить эти последние процессы, сходно с тем, как физик изучает полет невидимых ему электронов по полоскам тумана, возникающим на пути их полета в камере Вильсона. Безусловные рефлексы — и на первом месте слюноотделительные, наиболее близкие И.П. Павлову по предыдущим прославившим его работам — оказались благодаря методу условных рефлексов индикаторами, показателями высших нервных процессов. Нужды нет доказывать, что эти индикаторы высших мозговых процессов не связаны с последними по существу, а лишь скреплены с ними временной, условной ассоциативной связью: на длительные промежутки времени связь эта остается достаточно прочной, а параллелизм течения «нижних» и «верхних» явлений — замечательно стойким и надежным.

Это было действительно великой победой стихийного научного материализма там, где до тех пор всецело господствовали дуалистические, идеалистические воззрения и где боровшийся с ними стихийный механический материализм XIX века не мог противопоставить ничего, кроме неподкрепленных опытом деклараций. Это было началом опытной, материалистической науки о работе высших отделов мозга.

Стихийно механистический характер этих первых материалистических атак на твердыни мозга не мог, однако, не обнаружиться в ряде важных принципиальных несовершенств теории по ходу ее дальнейшего развития. Оставляя здесь совершенно в стороне физиологически спорные пункты рефлексологической теории (как, например, присущий ей клеточный центризм или психофизиологические ассоциации), остановимся исключительно на некоторых методологических вопросах.

Прежде всего, открытие способа объективного наблюдения над высшей нервной деятельностью животного сопровождалось ригористическим, непримиримым гонением на всякие попытки трактовать наблюдаемое в психологических терминах («собака поняла»; «собака подумала»; «собака заметила» и т.п.); гонением, особенно интенсивным в первые годы. Между тем, такое гоне-

ние, требовавшее от работников лаборатории ничего не примысливать к тому, что может быть непосредственно наблюдаемо, и очень импонирующее своей созвучностью с гордым изречением Ньютона («*hypotheses non fingo*» — «Я не придумываю гипотез»), имело и свою оборотную сторону. Во-первых, в нем, несомненно, крылось Дюбуа-Реймоновское «*ignogabimus*» («вовек не узнаем»), провозглашение психического мира животного непознаваемым, запретным даже для обсуждения. Во-вторых, неумолимые потребности научного мышления, бывши изгнаны в дверь лаборатории, украдкой снова влетели под легкой маскировкой в ее окно. Это мало обращавшее на себя внимание обстоятельство, несомненно, заслуживает рассмотрения. Не видя более в рефлексологических статьях и выступлениях психологической терминологии, мы, однако, встречаем в них подробнейшие высказывания о том, как группы нервных клеток мозговой коры возбуждаются, тормозятся и проходят через последовательные стадии парабюза; как возбуждение в коре мозга иррадирует на широкие территории и как оно вновь концентрируется в хронически возбужденном пункте; как возбуждение одной клеточной группы вызывает в силу корковой индукции торможение окружающих групп; как, наконец, область преобладающего возбуждения перемещается по коре мозга с причудливыми зигзагами и сменами очертаний, так что, по образному определению И.П. Павлова, сделайся эти возбужденные области коры самосветящимися, а череп — прозрачным, мы прямо воочию смогли бы увидеть перемещающееся по поверхности мозга причудливо очерченное световое пятно...

А между тем, ведь во всех без исключения опытах по классической методике слюноотделительных условных рефлексов единственный фактический материал, доставляемый наблюдениями и исчерпывающий собою содержание протоколов опытов, — это счет капель отделяющейся слюны и их распределение по секундам. Все остальное (примеры чего были приведены в перечислении предыдущего абзаца) представляет собою чистое примысливание, именно те гипотезы, которых гордо чурался Ньютон. Более того, не только разновидности классической рефлексологической методики, но и никакие другие экспериментальные методы, применявшиеся к мозгу во всем мире вплоть до наших дней, включая сюда и наиболее тонкую и современную методику

записи биоэлектрических потенциалов мозга, до настоящего времени не позволили пронаблюдать и показать воочию ни одного из перечислявшихся выше мозговых явлений: ни хронического возбуждения пунктов коры, ни иррадиации, ни концентрации, ни индукции, ни даже блуждающего возбудительного пятна, хотя это-то последнее, казалось бы, могло иметь все шансы обнаружиться в таком мощном проявителе, как электронные усилители биоэлектрических потенциалов и катодные осциллографы.

Современная экспериментальная наука резко расходится с Ньютоном в оценке допустимости и значимости научных гипотез. Без создания рабочих гипотез, предварительных теорий, предполагаемых моделей явления и т.д. не могли бы ступить ни шагу ни физика, ни химия, ни биология или медицина. Гипотеза в опытной науке похожа по смыслу на то, что в строительной технике называется аванбек: при сооружении моста через реку готовая ферма моста прочно закрепляется и уравнивается на опоре одного берега и постепенно надвигается на реку, нависая над ней и ни на что не опираясь передним концом. В таком смелом, но рассчитанном положении она находится все время, пока не достигнет другого берега, где ложится, наконец, на заготовленную для нее вторую опору; и вот пролет перекрыт, и все силы нагрузки, давящие на готовый мост над пустым местом, над пушиной реки, надежно передаются по фермам моста на ту и другую опору, а через них — на твердую почву.

Так бывает и с рабочей гипотезой. Некоторое время она нависает над пустотой, забегая дальше твердо установленных фактов и развивая выводы из них одной чистой логикой. Но, если гипотеза правильна, обязательно наступает момент, когда один из ее отдаленных выводов, с необходимостью вытекающих из основного костяка гипотезы, но не основывавшихся на уже известном фактическом материале, находит себе объективное, экспериментальное подтверждение. В этот момент «клюв» фермы гипотезы достиг второй опоры и может утвердиться на ней, но гипотеза продолжает служить и дальше, иногда чрезвычайно долго, хотя вся средняя часть ее логического «пролета» по-прежнему не имеет опытных подтверждений. Ее прочность вполне обеспечивается тем, что и ее исходные предпосылки, и ее дальние, окончательные выводы твердо покоятся на экспериментальных фактах.

Это отступление в защиту научных гипотез должно показать, что с точки зрения настоящей статьи гипотезы, составляющие ядро рефлексологической теории высшей нервной деятельности, имеют все права на существование, несмотря на отсутствие для них прямых опытных подкреплений, до тех пор, пока не встретят себе прямого опытного же опровержения. Однако почему же в таком случае считать недопустимыми параллельные им прежние гипотезы, выражавшиеся психологическими терминами? Почему нельзя сказать: «собака заметила», но можно сказать «в коре полушарий собаки возник доминантный очаг возбуждения, в котором вокруг хронически возбужденной точки сконцентрировались вновь прибывшие условные сигналы раздражения»? Почему «заметила» — менее материалистично, чем вторая из вышеприведенных формулировок? Не потому, конечно, что во второй больше геллертерской учености. Только потому (и здесь не видно другого возможного объяснения), что гонение на «заметила» и подобные этому термины отправляется от резко дуалистической точки зрения: там — психика собаки, духовное, непознаваемое; здесь — пусть столь же гипотетическое, но звучащее целиком в терминах (стихийного) материализма. Вот почему одним гипотезам делается такое резкое, принципиальное предпочтение перед другими. Если бы рефлексологи исходили из диалектического признания единства психического и материального, рассматривая первое как функцию наивысшим образом организованной материи, — перед ними не разверзлась бы такая бездна между одним и другим.

Однако не зависела ли эта борьба с психологическим кругом терминов и понятий только от того, что во все первые годы рефлексологии дело шло о собаке с ее действительно труднодоступным психическим миром? Нет, это не так, и это доказывается тем, что будучи перенесенной в последние два десятилетия с животных на человека рефлексология (Иванов-Смоленский, Красногорский, Канасв и др.) с неменьшей горячностью продолжает настаивать на своем монопольном праве на объективность и материалистичность суждения о высших формах нервной деятельности. Здесь уже вопрос об отсутствии возможности прямого контакта с психическим миром подопытного отпадает, казалось бы, полностью; но и здесь по-прежнему та же старая иллюзия, которая представляла гипотезы об иррадиации и концентрации

более материалистичными, чем гипотезы о «заметила» и «поняла», окрашивает условно рефлексологические исследования в избранно-объективные тона — по крайней мере, в глазах самих рефлексологов.

И все же, когда у собаки, привязанной к станку и снабженной слюноотделительной капсулой на поверхности щеки, вырабатывается после сотни сочетаний отдифференцированный условный рефлекс на свет или стук, с подкреплением его сухарным порошком, — мысль, как и сорок лет назад, пресклоняется перед замечательной идеей русского ученого, приоткрывшего перед нами дверцы в черепную коробку животного.

Но когда слюноотделительные капсулы приклеиваются к щекам детей школьного возраста, когда у них записывается на кимографе слюнная секреция в каплях, и у ребят, заучивающих с одного раза небольшой стишок в течение 5, 7, иногда 15 дней, вырабатывается условный слюноотделительный рефлекс на звуковое раздражение метрономом, с подкреплением путем подкармливания клюшкой в сахаре; и когда автор исследования резюмирует его словами: «применявшимся методом можно прочно стать на путь систематического изучения феногенетики высшей нервной деятельности — на путь изучения истории становления личности и характера человека в свете физиологии», — то такая компрометация блестящей исходной нейрофизиологической идеи И.П. Павлова переходит, кажется, уже в недопустимое издевательство и над школьником, и над наукой¹.

Эти и подобные им некритичные переносы методики с собаки на человека, эта непоколебимая уверенность в безусловном преимуществе метода отсчета слюнных капель над какими бы ни были другими для проникновения в «становление личности и характера человека» говорят, прежде всего, о непреодолимой силе традиций, укоренившихся привычек и догм, тормозящая сила которых очевидна для прогресса науки. То, что было пятьдесят лет назад великою победой и навсегда останется в истории физиологии выдающейся вехой вступления науки о мозге на материалистический путь, — сейчас начинает все сильнее и сильнее коробиться и трещать под напором новых идей, новых фактов,

новых знаний, — и было бы очень жаль, если бы научная мысль не трепетала в вечном устремлении вперед, а застыла бы навсегда на одном уровне только потому, что когда-то этот уровень был великим достижением науки.

Приведенное сопоставление слюнной условно-рефлекторной методики с клюшкой применительно к анализу личности и характера школьников напоминает автору впечатление, вынесенное им в молодости от посещения одной лаборатории, руководимой в то время глубоким старцем-ученым. Этот старец проходил свою научную школу еще задолго до появления простейшей электротехники; и автор был и изумлен и тронут, увидев, что в лабораторной установке почтенного старика все электрические приборы — лампочки, звонки и т.п. — включались из другой комнаты посредством... пневматической передачи, как некогда устраивались квартирные звонки. Под рукой экспериментатора находилась группа, от нее во вторую комнату шла трубочка с воздухом и оканчивалась у электровыключателя, вделанного в патрон лампочки. Эта картинка власти традиций далекой старины дала автору хороший, незабывающийся урок.

Возвращаясь к прямому предмету настоящей статьи, нельзя не сказать, что за полвека, протекавшие со времени основного открытия рефлексологии, действительно накопилось немало и новых фактов, и новых методов их наблюдения. В частности, если вернуться к значению слюноотделительного рефлекса как индикатора или показателя процессов высшей нервной деятельности, то за истекший период не мог не обнаружиться ряд существенно слабых его сторон. Нервные процессы — и в проводниках, и в синапсах, и в концевых аппаратах — протекают молниеносно быстро; методы записи биоэлектрических явлений показали, что эти процессы измеряются миллисекундами и их десятками долями. В замерах работы слюнных желез не всегда можно с уверенностью спускаться ниже десятков секунд. Сложность и многообразие нервных процессов хорошо известны; их субстраты — у человека — насчитывают десятки тысяч двигательных нервно-мышечных единиц (мотонов), сотни тысяч проводящих волокон и (по данным Экономо) десятки миллиардов нервных клеток. Между тем, слюноотделительный секреторный процесс протекает в одном измерении — как выражаются в прикладной математике, изменяется по одному параметру: за любой временной

¹ Канав П. Экспериментальная генетика высшей нервной деятельности человека // Успехи современной биологии. 1948. Т. 25. Вып. 1. С. 149.

отрезок он способен дать для характеристики совершившихся за этот срок процессов одно только число (количество капель, общий объем их и т.п.)². На фоне этой негибкости и бедности умственно вспомнить все о тех же двигательных актах, которым посвящена настоящая статья. Рассматриваемые даже с чисто внешней стороны их двигательного состава, эти акты, исходящие из той же центральной нервной системы, что и сложная секреция, представляют нам в роли индикаторов ее процессов неизмеримо большие возможности. Движения могут совершаться с очень большою быстротой (у человека — до 25—30 метров и до 9—10 колебательных циклов в секунду; у насекомых — до 500 колебаний в секунду и более). Двигательный аппарат человеческого тела насчитывает сотни суставов и еще большее количество степеней свободы подвижности — величины, до которых еще безмерно далеко современной машиностроительной технике. Каждая из этих степеней свободы является самостоятельным переменным параметром для характеристики эффекторных мозговых процессов и — потенциально — может быть подвергнута регистрации с любой точностью. Это подавляющее богатство и многообразие подробностей и структурных деталей живого движения далеко еще не освоено лабораторной техникой нашего времени; однако следует сказать, что научные работники Государственного Центрального НИИ физической культуры довели технику записи движений уже до возможности регистрирования до 50 параметров движения одновременно, с разрешающей способностью до двухсотых долей секунды и выше. Перспективы дальнейшего расширения регистрационных возможностей здесь совершенно безграничны.

Еще несравненно более перспективны двигательные акты в качестве индикаторов нервной деятельности, если подойти к ним с внутренней стороны, с точки зрения их смысловой структуры. Как установлено современной советской сравнительной физиологией, и двигательные ресурсы позвоночных, и их центрально-нервные субстраты проделали долгий и сложнейший путь эволюционного развития. Это развитие совершалось в виде ряда

² Заметим, что и двигательные (например, болевые, оборонительные) рефлексy в их применении в роли индикаторов нервной рефлекторной деятельности дают на записях точно так же один только переменный параметр, хоть и несколько более подвижный во времени, нежели слюнная секреция.

своеобразных последовательных диалектических скачков, в результате которых головной мозг осложнялся возникновением новых структурных элементов, возглавлявших более древние, а двигательная система завоевывала в свое распоряжение целый новый класс движений, способных к решению двигательных задач повышенного уровня смысловой сложности. Таким путем постепенно вырабатывались движения сухопутных и воздушных видов перемещения (локомоций), движения осложненной охоты, строительства жилищ, движения воспитания, буквального и педагогического, движения туалета, танца, труда, наконец речи и письма у человека. Все эти последовательно формировавшиеся «уровни построения движений», как их обозначает современная физиология двигательных актов, самого различного эволюционного возраста от сотен миллионов до немногих тысяч лет, сохранились в основном и у человека, образовав у него целую иерархическую лестницу взаимного подчинения. В этой лестнице уровней человек возвышается над животными по меньшей мере двумя «этажами», из которых верхний принадлежит ему совершенно монополю (уровень «Е» речи и письма), а нижележащий (уровень «Д» предметных действий и смысловых целей) — доступен наблюдению в зачаточных формах у самых высших млекопитающих. Чрезвычайно интересно то, что древнейшие, низовые уровни, сформировавшиеся еще у рыб, земноводных и пресмыкающихся, сохранились и у человека вместе как со своими мозговыми субстратами, так и со своими списками сильных им двигательных задач (разумеется, с целым рядом поправок и уточнений, касающихся многочисленных приспособительных изменений). Эти низовые уровни отчасти продолжают управлять и у человека древнейшими, примитивными в смысловом отношении двигательными актами (глотание, почесывание, плавание, ходьба и т.п.); отчасти же вступили с вышестоящими чисто человеческими уровнями, опирающимися на кору мозговых полушарий, в своеобразную физиологическую кооперацию. Именно эти низовые координационные уровни обеспечивают сложным смысловым движениям — трудовым, боевым, спортивным и т.п. — их техническую, «фоновую» координационную отделку, обслуживая их соответственными коррекциями и теми особыми вспомогательными координационными структурами, которые называются автоматизмами. Таким образом, слож-

ный, высокоорганизованный двигательный акт человека совершается под управлением целого оркестра мозговых уровней, верховный из которых, ведущий, осуществляет и корректирует в движении его решающую, смысловую сторону, обеспечивая успех разрешения двигательной задачи в ее целом; нижележащие уровни берут на себя подчиненные, фоновые роли, работают в данном движении без участия сознания и обеспечивают ему складность, точность, плавность, экономичность — словом, все то, что отличает высокоразвитый двигательный навык от двигательного новичка.

По причине всего выказанного, двигательные акты и представляются в несравненной степени пригодными для использования в качестве объективных, внешних индикаторов нервной деятельности. Разумеется, исходною позицией здесь должно быть рассмотрение двигательного акта как целостной структуры, объединяемой (как говорят, интегрируемой) всем смыслом как решаемой им двигательной задачи, так и собственного плана, реализующего это решение. Искусственные, наивные попытки, которые делались некоторыми особенно правоверными рефлексологами к выдерживанию рефлексологического языка *ad absurdum* и к изображению любого целостного смыслового акта в виде цепочки рефлексов³, должны быть самым решительным образом отвергнуты.

Преимущества целостных двигательных актов в качестве индикаторов перед всеми известными другими состоит как раз в том, что в различных по смысловой структуре движениях мы име-

³ Например, у А.Н. Крестовникова («Физиология человека», Москва, 1938, стр. 69) читаем: «Сложное комбинированное движение тонических проприоцептивных рефлексов представляет собой прыжок в высоту с разбега. Прыжок состоит из разбега, толчка, взлета, перехода через планку, выпрямления и приземления. Разбег представляет собой рефлекс передвижения и рефлекс поддержки (перед планкой), переходящий в рефлекс толчка (рефлекс отдачи) и в активный рефлекс подъема (маховая нога), который вызывает рефлекторное разгибание опорной ноги, дальнейший подъем толчковой ноги и подтягивание ее после опускания маховой за планку... наконец, после выпрямления наблюдается рефлекс приземления, переходящий при соприкосновении с землей в рефлекс поддержки тела». Мы не сомневаемся, конечно, что последовавший за этим прыжком рефлекс раскланивания вызвал у зрителей бурный рефлекс аплодисментов, а у исполнителя — рефлекс отъезда на трамвае домой. Сходным образом у Скаррона в аду тень кучера тенью щетки отчищала от тени грязи тень своей кареты.

ем непосредственные представительства самых различных уровней систем и этажей мозга, от древнейших и наинизших, управляющих дыханием, глотанием, кашлем, до наивысших, монополюс человеческих уровней высших символических действий. Здесь совершенно отпадает необходимость в каких-либо условных связываниях индикатора с интересующим исследователя процессом на том или ином выше располагающемся структурном этаже мозга. Это условное сочетание низшего с высшим создало генеральный выход из положения, когда для экспериментальной техники и для уровня развития физиологии никакие другие пути индикации не были доступны. Теперь, когда двигательные акты в принципе расшифрованы как безусловные, прямые отражения наружу процессов, совершающихся в центральной нервной системе сверху донизу, вопрос своевременно поднят на новую, диалектически более высокую ступень. Конечно, более сложный и гибкий индикатор нуждается и в более сложных методах расшифровки; сложных в особенности потому, что, как было изложено в начале статьи, в осуществлении движения наряду с внутренними силами всегда соучаствует и внешнее силовое поле, которое надо уметь вычленивать и отсеять. Но это — уже вопрос не принципа, а техники, вопрос появления нового Шампольона для прочтения этих иероглифов, и его не замедлит дать советская научная молодежь. И тогда мы будем в состоянии по этим документам безусловных, гибких и точных отражений нервной деятельности, и высшей и низшей, прочитать много новых, раскрывающихся сейчас перед нами страниц увлекательной и строгой диалектико-материалистической науки о самом совершенном и удивительном из всех образований природы — мозге человека.

НОВЫЕ ЛИНИИ РАЗВИТИЯ В СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИОЛОГИИ

Каждый этап развития производственных форм создает новые запросы к существующим отраслям науки, порождая попутно и новые научные дисциплины, призванные дать ответы на эти запросы и осветить линии их дальнейшей эволюции. Примерами таких новых отраслей, возникших на глазах нашего поколения, могут послужить квантовая и ядерная физика, а в последнее десятилетие — кибернетика. И в новорожденных дисциплинах, и в старых науках, вступающих в новую полосу развития, всегда об руку идет выявление новых проблем и отвечающих им новых методов исследования.

Такой именно поворотный период переживает в настоящее время биологическая группа наук и, в частности, тематически наиболее близкая нам физиология. В противовес значительной оторванности от запросов практики, какую отличалась физиология прошлого столетия, в период после Первой мировой войны возникает прикладная группа, включающая в себя психофизиологию труда, мастерства и спорта и профессиографический комплекс; наперекор установкам старой физиологии, бывшей в течение всего 19-го века физиологией животных, на первые планы выдвигаются проблемы физиологии человеческого организма.

Не задерживаясь на этих веяниях уже почти полувековой давности, остановимся на тех переменах курса, которые переживаются физиологией теперь, на наших глазах. Начав с «ведущей переменной» — нарождающейся новой проблематики, рассмотрим затем очень бегло группу новых методов, стремящихся отвечать этой проблематике.

В прикладной области останавливает на себе внимание охлаждение к вопросам физиологии физического труда, занимавшим несколько десятилетий тому назад преобладающее место в виде энергетики труда, биомеханики, врачебного контроля и т.п. Естественным порядком, в связи с прогрессирующим перемещением центра тяжести профессиональной занятости в область более тонких и интеллектуальных форм участия рабочего в механизированных производственных процессах, в прикладной физиологии выступают на первый план новые проблемы, и не мыслившиеся раньше.

Главное место занимают здесь, по-видимому, две большие проблемные группы. Одна из них, наиболее тесно связанная с кибернетикой и в немалой мере бывшая одною из ее родоначальниц, — это проблематика деятельности человека как одного из звеньев комплекса, связывающего рабочего в одно целое с машиной или любым иным техническим устройством. Сюда входят и вопросы рационального управления теми элементами комплекса, которые либо невозможно, либо нецелесообразно поручить автоматике, и вопросы организации обоюдосторонней связи, приводящие к совершенно новым аспектам физиологии рецепторов и сложных форм реагирования. В качестве немногих примеров таких аспектов назову здесь: проблему соотношений сигнала и шума; анализ порогов по распознаванию и различению конфигураций; наконец, вопросы кодирования и вообще все многочисленные точки соприкосновения физиологии рецепторов с общей теорией информации.

Вторая из упомянутых выше групп вопросов, которая также только и могла возникнуть после того, как техника достигла ее нынешнего уровня, — это вопросы деятельности человека в резко необычных условиях, создающих тяжелые добавочные нагрузки на организм и предъявляющих особо высокие требования к его приспособляемости. На первом месте, если не по производственной значимости, то по их связи с яркой героикой наших отечественных достижений, окажутся здесь вопросы жизнедеятельности и поведения организма в условиях космического полета, в фазах гравитационных перегрузок и невесомости и при тех, пока еще неизбежных, отклонениях от оптимума комфорта, которые не удастся устранить и самым тщательным кондиционированием и ограждением кабины космического корабля. Но и помимо космо-

навтики, которая, очевидно, еще надолго останется уделом немногих избранных, сегодняшняя техника изобилует видами деятельности с очень высокой нагрузкой на центрально-нервные приборы человека.

Теоретическая физиологическая мысль оказалась заметно более инертной в своем отклике на задачи, выдвигаемые практикой жизни. По сравнению с тем широким кругом прикладных направлений, о котором вкратце сказано выше, область ее достижений и даже замыслов еще очень невелика. Несомненно то, что долгом нас всех, а особенно младшего поколения физиологов, является ликвидация этого отставания теории, поиск и формулирование новых отправных точек исследования, рабочих гипотез и принципиальных переоценок.

В настоящий момент представляется возможным выделить две теоретические линии, бесспорно новые, но уже успевшие в какой-то мере сформулировать свои права на существование и первоначальные задачи.

Первая линия — это группа вопросов физиологической регуляции, теснейшим образом связанная с теорией автоматического регулирования. Первыми шагами явились здесь, вслед за формулированием основных принципов, исследования стабилизирующих регуляторных систем организма: систем термо- и хеморегуляции, управления циркуляторными процессами и т.п. В последние годы стали появляться и исследования следящих регуляторных систем, среди которых покамест наиболее продвинуты исследования кольцевого управления зрачковой реакцией и движениями глаз. Наряду с этим все более расширяется круг исследований по линии мышечного тонуса и мышечных автоматизмов: ритмика крыльного и звукоиздающего механизмов насекомого, физиологические клонусы и треморы человека и высших животных, статика стояния, вестибуло-отолитовые регуляции тонуса и др. Узловой ведущий принцип всех и всяческих регуляций этого рода — принцип циклического управления на обратных связях — был сформулирован в нашей отечественной литературе определенно раньше, чем на Западе: применительно к управлению двигателем аппаратом П.К. Анохиным в 1934 году, докладчиком — в 1929 году. В настоящее время ведущее и совершенно универсальное значение этого принципа признано всеми, после немалого числа выдержанных научных боев.

Нужно подчеркнуть, что признание этого принципа кольцевой взаимозависимости позволило осветить по-новому и более глубоко факт неразрывной целостности организма во всех его отправлениях. Необходимость согласованного соучастия сенсорных, эффекторных и центральных систем в каждом акте организма понималась и физиологами, стоявшими на позициях разомкнутой рефлекторной дуги. Но эти позиции необходимым образом вели к трактовке каждого немгновенного процесса как мозаики из последовательных рефлексов, оборванных каждый раз на конце дуги; и только поставленный на место этих дуг принцип рефлекторного кольца подвел настоящий фундамент под понимание целостной непрерывной взаимосвязи всех названных систем и в сосуществовании, и во времени.

Вторая из линий теоретического обновления физиологии — это нарождающаяся на наших глазах область физиологии активности. Необходимость расширить круг отправлений, подлежащих физиологическому изучению, в сторону наиболее важных по значимости активных действий, противопоставляя их занимавшим почти исключительно все внимание физиологов реактивным процессам, становится все более настоятельной. Сосредоточение внимания на реактивных отправлениях, закономерно детерминированных вызывающими их внешними стимулами, обуславливалось, видимо, их большей доступностью для экспериментирования, позволявшей изучать преобладающую часть таких процессов на животных, в лабораторном станке, а нередко и под наркозом. Легче формулировалась и задача исследования, сводившаяся в каждом случае к нахождению закона, по которому данное воздействие на «входы» организма обязательно обуславливает то, а не иное ответное проявление на его «выходах». Нетрудно видеть, однако, что такое сужение понятия организма до рамок реактивной машины оставляет вне поля зрения наиболее биологически важные проявления его жизнедеятельности, где живое существо само определяет и ставит себе задачи действия, откликающиеся на стимул, но не обусловленные им с обязывающей однозначностью; где это существо не плывет по течению направляющей его стимуляции из окружения, но вступает в борьбу и с этим окружением и с притекающей стимуляцией, преодолевая их и добиваясь изменения того и другой в сторону,

наиболее отвечающую его биологической заинтересованности. Легко понять, что переключение научного внимания на эти процессы активности есть в то же время: и отход от механизма трактовки организма как «реактивной машины», и продолжение ухода от монополизма рефлекторной дуги как кирпича поведения — монополизма, уже отыгравшего свою когда-то прогрессивную роль в истории объективного знания.

Самым своеобразным и характерным из того, с чем сталкивается физиология при обращении к проблеме активности, является то, что очередная задача действия, сформулированная особью «изнутри» с учетом текущей ситуации, но без механической обусловленности ею, несомненно образом строится как своего рода экстраполяция будущего: целесообразно спроектировать действие возможно только на основании определенного образа или модели того, к чему это действие должно привести и ради чего оно предпринимается. Но так как предстоящее может быть расценено или предвидено не иначе как «в порядке вероятностного прогнозирования» (удачный термин И.М. Фейгенберга), то ясно, что и подход к анализу всех вскрывшихся здесь физиологических процессов должен основываться на теории вероятностей и ее новейших ветвях, о которых еще придется упомянуть ниже.

В заключение этого раздела хотелось бы отметить, что помимо биологической важности тех отправлений, которые подлежат ведению физиологии активности, в этой последней заключен и еще один методологически важный шаг. Положение о вероятностном **моделировании будущего**, лежащем в основе активности всех организмов, начиная от самых низших, позволяет создать строго материалистическую трактовку таких понятий, как целесообразность или целенаправленность, находившихся до сих пор в безраздельном владении виталисто-телеологистов. В то же время это положение с вытекающими из него следствиями прокладывают очень четкую и принципиальную грань между возможностями живого организма и всем тем, что доступно мыслимым на сегодня работам. Физиологии еще предстоит, в комплексе с кибернетикой, нащупать и сформулировать те внутренние механизмы, на которых базировано обсуждаемое здесь «отображение предстоящего в настоящем».

Теперь следует попытаться в самом беглом очерке систематизировать и поименовать те методы, состоящие на вооружении современной физиологии, которые обещают оказаться наиболее перспективными по ходу ее ближайшего развития для освещения обрисованной выше проблематики.

По линии экспериментально-аппаратурной на первом месте, разумеется, следует поставить обширную электрографическую группу, возникшую в прямой связи с развитием технической электроники. Список разновидностей и областей применения методов этой группы уже сейчас очень широк и достаточно известен; поэтому, не предпринимая их перечисления, остановим внимание лишь на нескольких обогащенных и своеобразных видах. К ним относятся, во-первых, комплексированные методы изучения **конфигураций**: многоэлектродные установки электроэнцефалографического отведения (М.Н. Ливанов, Гр. Уолтер), стремящиеся дать целостную картину распределения нервного процесса по коре мозга, вектор-кардиографическая техника, воспроизводящая полную пространственную картину переменного электрического поля сердца, и т.п. К другой «обогащенной» группе правильно будет отнести методы, где улавливаемый процесс тут же, одновременно, анализируется или преобразуется тем или другим способом для уяснения его сущности. Сюда отойдут, напр., сумматоры или интеграторы амплитуд колебательного процесса в мозгу или в мышце, синхронные анализаторы частотных спектров, автоматические коррелографы, установки, повышающие во много раз отношение сигнал/шум в случаях едва уловимых процессов, и т.п. Наконец, к этому же разделу нужно отнести микроманипуляционные техники изучения активности одиночных волокон или окончаний, позволившие установить тончайшие проявления активности, каковы генераторные потенциалы, «миниатюрные» потенциалы, функции пачиниевых телец или гамма-эфферентов и др.

Те же могущественные ресурсы электроники проложили в настоящее время путь и к разностороннему прикладному использованию упоминавшихся выше принципов обратной связи и кольцевого взаимодействия. В качестве ярких примеров можно привести здесь приборы-автоматы для временного отключения малого круга кровообращения или сердца в целом, автоматы для непрерывного анализа и круговой стимуляции сердечного ритма

(М.Л. Цетлин), моторизованные протезы с управлением за счет усиленных биопотенциалов с мышечных культей (Кобринский и Гурфинкель) и т.п. В этом направлении путь, несомненно, лежит в сторону создания активных очувствленных протезов на вживленных электродах и транзисторах, над чем работает сейчас Московский ин-т протезирования.

Переходя теперь от экспериментальных методов к методам анализа, нужно первым делом констатировать бурно растущее внедрение математики в разработку физиологических проблем и опытных результатов. Все та же мощная электронная техника создала здесь, в форме счетно-аналитических машин как цифрового, так и аналогового типа, новые средства для всевозможных видов анализа результатов опытов и для экспериментального моделирования. Если прошедшие одно время через стадию «крика моды» модельные игрушечные черепахи и мыши и не являются ни в какой мере серьезным подспорьем для науки, то не может быть сомнения в реальной эвристической пользе опытного моделирования другого рода, нередко вовсе не сопровождающегося изготовлением моделей в металле. Проверка рабочих гипотез, напр., о функциях нейронных сетей мозга путем введения предположительных программ в аналитическую машину и сличения выдаваемых ею результатов с работой живого мозга может дать нам иллюстрацию экспериментального моделирования, способного привести к действительно ценным научным выводам.

Остается сказать несколько слов о другом пути вхождения математики в биологические дисциплины. Вся история науки, начиная с древних Китая и Египта, показывает, что новые разделы и направления возникали и развивались в математике в прямой зависимости от нарождавшихся практических потребностей и общих задач. Каждая из создававшихся последовательно математических дисциплин всегда имела в основе своего появления созревание вновь определившихся научно-технических вопросов и спрос на их количественное освещение. Так родилось и проделало огромный путь развития в 18-м веке исчисление бесконечно малых; так в 19-м веке из почти развлекательных задач по анализу азартных игр, занимавших собою старых алгебраистов, развились теория вероятностей и математическая статистика и т.д. Каждый из таких новых разделов создавался потому, что

среди прежних ресурсов математики не находилось ключа, подходящего к «замку» качественно новой отрасли естествознания или техники. То же происходит на наших глазах с «математизацией» биологии. Поэтому, наряду с упомянутым выше расширением вычислительных возможностей, не несущим с собой ничего принципиально нового, мы наблюдаем, может быть, еще недостаточно определившуюся, но настойчивую разработку математических дисциплин, либо совсем новых, либо менее всего мыслившихся до наших дней как нечто отвечающее запросам биологии, — подобно тому, как ни один ученый 17-го века не мог и подумать о приложимости начал теории вероятностей к физике жидкостей или газов.

Ранее других нашли себе применение в биологии вариационная статистика и теория ошибок. Встречая для себя все больше точек приложения в токсикологии, бактериологии, генетике, экологии и др., обе эти дисциплины продолжают в наше время обростать новыми и более точными методами анализа.

Порожденный задачами кибернетики интерес к общей теории информации не только привел к постановке ее на прочные математические рельсы, но и внес вместе с нею в психофизиологические и биологические проблемы широкую область математической логики. Ее пытаются использовать и для проблем физиологии и патологии речи, и для анализа функций нейронных сетей, и для теории кодирования в нервной системе (проблема специфичности нервного импульса) и т.д. Наконец, пробуждение интереса к физиологии активности, с ее трактовкой вероятностного прогнозирования и борьбы с окружением за осуществление намеченной задачи, приводит к попыткам осмыслить и динамическое «равновесие» организма со средой и гомеостазис как цепи активно-конфликтных состояний с окружающим миром, и поставить на службу физиологии такие ветви математики, как общая теория игр, теории конфликтов и стратегий и др., что менее всего приходило на мысль раньше.

Эти и подобные им искания принципиально новых математических направлений, способных дать наибольший резонанс с требованиями биологии, настолько разнообразны, что перечислить их не представляется возможным. Очень вероятно, что в ближайшее время мы увидим среди этих направлений такие, как

напр., теория конфигураций, необходимость которой явственно ощущается уже сейчас в осмыслении механизмов регенерации и морфогенеза, принципов наследственной передачи, а также все еще загадочной области распознавания фигур; принесут свою дань самые абстрактные сейчас разделы общей теории множеств, теории групп и т.п. Бесполезно было бы и пробовать прогнозировать, которые из этих направлений отсеются, какие разрастутся, какие родятся вновь. Ясно только одно: что биологическая группа наук достигла к нашим дням какого-то важного водораздела или перевала, за которым, как бывает и в путешествиях, открывается взору обширная панорама неизведанного. Туда и надлежит теперь планомерно держать путь.

**[ИЗ ПРЕДИСЛОВИЯ К БРОШЮРЕ
А.В. НАПАЛКОВА И Н.А. ЧИЧВАРИНОЙ
«МОЗГ И КИБЕРНЕТИКА», МОСКВА, 1963]**

Можно ли смоделировать и поручить машине разумное мышление, и если — да, то как это сделать ?

Гигантские успехи электроники, о которых люди не могли и мечтать еще 20-30 лет назад, сделали такие предположения достаточно правдоподобными. Быстродействующие вычислительные машины оказались способными быстро и правильно решать сложнейшие математические задачи. И естественно возникала мысль: если эти машины пригодны для выполнения таких, несомненно мыслительных, операций, как решение математических уравнений, не значит ли это, что они вообще способны к воспроизведению мыслительных процессов? Вспомнили, что уже около столетия существуют труды и открытия в области так называемой логической алгебры, которые показывают, как можно перевести логические операции на язык формул, подобных математическим. После этого до превращения таких формул в программы для электронных машин-автоматов оставался лишь один только шаг. И в самом деле, кибернетика сумела спроектировать целый ряд мыслительных задач, оказавшихся «по плечу» автоматике. Среди подобных программ были и просто сенсации типа игры в шахматы или сочинения музыки, были и весьма полезные, практически применимые программы, например для перевода с одного языка на другой, для постановки врачебного диагноза, для решения планово-экономических вопросов и т.п.

Столь же естественна была и другая идея.

Не смогут ли искусственные электронные модели как-либо прояснить нам то, что совершается в тайниках и недрах живого мозга? Ведь чем больше мыслительных, логических операций мы

сумеем запрограммировать и воспроизвести машиной, тем больше шансов будет на то, что мы нащупываем и применяем для них такие способы и устройства, которые имеют глубокое сходство с устройством и способами работы мозга. Многие видные ученые начали разрабатывать модели «нервных сетей», которые вовсе не предназначались для разрешения каких-либо практических вопросов, а должны были правдоподобно отобразить собой предполагаемые мыслительные аппараты мозга. Развернулись работы по моделированию, например, распознавания и различения фигур, классификации предметов и понятий и т.д.

И тут появились совершенно непредвиденные трудности. Автоматы, создаваемые такими методами, оказались неспособными к воспроизведению некоторых простейших функций мозга.

Уже сейчас подтверждается, что это был один из тех кажущихся тупиков, которые в действительности знаменуют собой начало крутого поворота в науке, открывающего перед нею новые горизонты. Такой мнимый тупик возник, например, полвека назад в физике, когда неуспех с обнаружением неподвижного «эфира» и теории черного излучения привел к великим революционным открытиям Планка и Эйнштейна. Нечто подобное стало выявляться и в вопросах моделирования мышления, притом (что тоже очень типично) одновременно в разных областях.

Во-первых, решили, что, по-видимому, не случайно классическая логика древних принесла такую незначительную практическую пользу. От умозаключений типа «На улице идет дождь; когда идет дождь, следует надевать плащ; сегодня идет дождь, следовательно, нужно надеть плащ» серьезная научная мысль получала мало пользы, а уж о том, чтобы теоремы логики двигали мысль вперед, активировали ее к новым открытиям, не приходилось даже думать.

Во-вторых, стало ясно, что если электронные машины и в состоянии решать те или иные мыслительные задачи и даже разрабатывать программы для некоторых из них, то «выпутываются» они исключительно за счет быстроты действия, своей способности выполнять сотни тысяч операций в секунду. В самом деле, если машина производит за несколько минут перевод какой-нибудь фразы с английского на русский, то для этого она должна «перепробовать» тысячи вариантов перевода, хранящихся в виде отдельных элементов в ее механической памяти.

И, наконец, в-третьих. Физиологии давно и хорошо известно явление, называемое рефлексом. Если на живой организм совер-

шается какое-либо воздействие, то на ту информацию, которая поступает по чувствительным нервам в его мозг, организм немедленно отвечает целесообразным действием. Открытие условных рефлексов знаменитым И.П. Павловым показало, что организмы обладают способностью к широкому переключению сигналов-раздражителей, так что, например, сигналом об угрозе боли может сделаться любая информация, если она несколько раз регулярно предшествовала этому ощущению и если мозг успел заметить и взять на учет эту регулярность. Представлялось очень заманчивым трактовать все поведение организма как хорошо запрограммированную последовательность или монтаж условных рефлексов, накопленных по ходу жизненного опыта. В знакомом, впервые встретившемся положении организм действовал, как предполагалось, по способу «проб и ошибок», т.е., откликаясь на воздействие рефлексами, брал на учет и откладывал в памяти отдельно те случаи, когда рефлекс приводил к удачному результату, и те, когда он оказывался ошибкой или промахом. Такая схема подкупала простотой и ясностью, к тому же ее было очень легко смоделировать. Несколько лет назад не было, кажется, ни одного университета, где бы не сооружались электронные черепахи и магнитные мыши, преисправно выполнявшие все правила этой теории и по безусловным, и по условным рефлексам.

Но вот здесь-то и стали накапливаться противоречия. Стало ясно, что не так, не по таким принципам действуют живые организмы. Прежде всего: ни одно существо не живет «на поводу» у сигналов-раздражителей. Оно само активно ищет то, что ему нужно, выбирает, «схватывает» важные для него сигналы, изучает внешний мир и зрением, и конечностями, и обонянием. Вместо того чтобы пассивно идти по пути случайных проб и столь же случайных удач и неудач, оно ведет активный поиск того, что ему потребно. Предпринимая то или иное действие, например поиск пищи, живое существо, очевидно, намечает для себя план этого действия, и, производя его, оно сообразуется, конечно, с внешними сигналами, но не они определяют его целеустремленное поведение.

В теории автоматизации рефлексоподобное поведение под управлением точных сигналов называется действием на полной информации. Но в реальной действительности животному некогда ждать или добиваться полной информации о состоянии окружающего мира. Пока существо перебирало бы ее целиком (вроде упоминав-

шейся машины для перевода), его давно мог бы успеть схватить хищник, засосать болото, сбить несущаяся лавина или машина. Живя поневоле в условиях своего рода «жизненного цейтнота», организм должен сам, активно и целенаправленно, избирать самую нужную ему информацию, отбрасывая все то, чем можно пренебречь. Все больше накапливается данных за то, что живой мозг не работает на полной информации, по принципу перебора, ни при восприятии с распознаванием, ни при выполнении действий. Ограничимся одним примером.

В свое время один из крупнейших шахматистов, М.М. Ботвинник, точно объяснил, что играющий даже не пытается перебирать в уме все мыслимые ходы и их следствия (это как раз то, что делали первые играющие машины), а выбирает всего две-три возможности, руководствуясь даже не всегда осознаваемым чутьем относительной вероятности. Машины для логического вывода геометрических теорем, если в их «память» заложены нужные аксиомы и предпосылки в виде программы, обычно довольно успешно справляются с задачей. Но за счет чего? Только перебрав все возможности умозаключения, машина, наконец, останавливается на верном. А разве так действует живой мозг? Совсем не случайно в одном знаменитом в свое время старинном индийском руководстве вместо доказательства теоремы помещался только чертеж, а под ним однословная подпись: «Смотри!».

Целый ливень свежих и перспективных идей брызнул в науку о настоящем активном, созидательном мышлении, как только было осознано, насколько неверен и бесплоден старый путь. Сама легкость для моделирования по принципу рефлексов оказалась для него скорее отрицательной рекомендацией, — недаром «черепахи» и «мышцы» так прочно вышли из моды. Активность живого мозга, работа на неполной информации и оценках по вероятности, углубление понятия алгоритма, который прежде понимался лишь как вычислительный рецепт, а не как направляющий план действий, — вся эта совокупность новых понятий и подходов получила в последнее время название эвристики — термин, еще не успевший войти в общий обиход. Эвристика — это новый стык между биологической наукой о разумном, творческом мышлении и работой инженеров по созданию машин нового типа, если и не «мыслителей», то уж во всяком случае советчиков человека в области созидательной мысли.

К ОЧЕРКУ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО «МЕХАНИКА В БИОЛОГИИ»

Поглощенный своей основной творческой работой по теории и практическому осуществлению космических полетов человека, К.Э. Циолковский успел, однако, уделять время продумыванию гораздо более широкого круга вопросов, образующих своего рода мост между механикой и биологией. На современном языке этот круг вопросов следует обозначить как вопросы биофизики и биомеханики.

Предлагаемый очерк написан К.Э. Циолковским в первоначальном своем виде более 80 лет тому назад (1882). Затем К.Э. Циолковский на много лет отложил его в сторону и вернулся к нему снова только в 1920 г. уже во всеоружии своих знаний и с прочно укрепившейся за ним славой научного деятеля первого ранга. Константин Эдуардович переработал заново весь текст с более зрелых и обоснованных позиций и с опорой на свои ранее выполненные исследования механики аэропланов и дирижаблей. С тех пор прошло тоже немало времени, и притом времени, насыщенного огромным и быстрым прогрессом науки и техники. Некоторые соображения и выводы из числа включенных в этот очерк не могли не устареть, утратив уже научное значение для нашего времени. Это — те догадки, к которым Циолковскому приходилось поневоле прибегать в своих построениях из-за бедности или полного отсутствия в ту пору фактических данных. К таким гипотезам приходилось ему обращаться, например, при оценках мышечной силы человека, прочности костных скелетов, частот колебательных движений крыльев у насекомых и птиц и т.д.

В настоящем издании очерк К.Э. Циолковского печатается в том виде, как он был подготовлен автором к печати в 1920 г.

Этот очерк, в полной мере насыщенный той яркой талантливостью и тем популяризаторским даром, которым К.Э. Циолковский обладал в высшей степени, и до сих пор не утратил своего значения.

Представим себе два геометрических тела или две статуи, строго подобные между собой. Пусть один объект превышает второй по линейному размеру в P раз ($P = 2, 10, 100$ и т.д.). В таком случае можно сразу сказать, что все соответственные площади окажутся у второго тела или статуи больше в P^2 раз, а соответственные объемы — больше в P^3 раз. Если оба объекта, которые мы сравниваем, состоят из одинакового и притом однородного материала, например мрамора, бронзы и т.д., то и массы соответственных взаимно подобных частей будут различаться у них между собою в P^3 раз. Эти результаты исчерпывают собой все, что может вытекать из факта геометрического подобия пары неживых трехмерных объектов из однородного материала.

Но если обратиться к подвижным, живым существам, выберем среди них два возможно более близких к геометрическому подобию между собою, при линейном коэффициенте P , как и выше, то выводы и следствия из этого подобия их форм получатся несравненно более сложными и богатыми содержанием, чем это было в случае пары мертвых статуй.

Собственно говоря, осложнения начинаются уже и раньше: они явственно обнаруживаются, например, как только мы от простого рассматривания неподвижных фигур перейдем к воздействию на них каких-нибудь сил. Вот самый простой пример. Пусть наши статуи изображают человека с опущенной рукой; линейный коэффициент P положим для конкретности равным 10. Теперь навесим на руку каждой из статуй по пропорциональному грузу; очевидно, эти грузы будут различаться между собой в P^3 , т.е. в 1000 раз. А между тем, площадь поперечного сечения руки у большей из статуй превосходит площадь меньшей только в $P^2 = 100$ раз; значит, у большей статуи запросы к прочности ее руки окажутся (на единицу площади сечения) вдесятеро больше, чем у маленькой, и если мы будем постепенно увеличивать ту и другую нагрузку, все время сохраняя требуемую пропорциональность между ними, то первую отломится рука, разумеется, у более крупной фигуры. Если рука у статуи вытянута горизонтально, то моменты нагрузок, навешанных на руки обеих статуй,

будут различаться в P^4 или в 10 000 раз, а прочности рук на излом — в P^3 или 1000 раз. И здесь, следовательно, условия для большой фигуры будут в 10 раз хуже.

Уроним два однородных куба с линейным коэффициентом подобия $P = 10$ на жесткую площадку с одной и той же высоты. Картина получится та же, что и в примере со статуями: масса и вес большего куба будут больше в 1000 раз, а площади, воспринимающие удар, будут отличаться только в 100 раз. Если же мы, стремясь соблюсти подобие во всех отношениях и подробностях, уроним больший куб еще и с вдесятеро большей высоты, сообщив ему во столько же раз большую кинетическую энергию на каждую единицу массы, то ему придется, относительно, еще хуже.

Следует указать здесь, что для всех условий, относящихся к области задач теоретической механики, еще Ньютоном была найдена и изложена в его знаменитом труде «Математические принципы натуральной философии» теорема о динамическом подобию; из этой теоремы следует выведенная им же совершенно общая формула, которой и по сей час пользуются при всякого рода модельных испытаниях, например при испытании уменьшенных моделей кораблей в опытных бассейнах. В эту всеобъемлющую формулу Ньютона действительно укладываются все случаи, какие могут встретиться в области механики неживых объектов.

Но исчерпает ли формула Ньютона также и все те случаи, которые относятся к поведению живых существ, т.е. к области задач биофизики и биомеханики? Такой вопрос, по-видимому, никем и ни разу не ставился в науке до Циолковского.

Он не прошел, конечно, мимо тех элементарных противоречий между возрастанием нагрузки и возрастанием прочности, которые и в живой природе сказываются в такой же мере, как и в примерах, приведенных выше. Но, проанализировав все те виды задач, которые охватываются формулой Ньютона, Циолковский сразу обнаружил, что, кроме того, живые существа проявляют и совсем особые, иного порядка осложнения по линии подобия, которые не встречались и вряд ли могли встретиться в области механики неживых объектов.

Вот первое и, может быть, одно из важнейших осложнений такого рода. Выберем два экземпляра животных, которых можно с

небольшой натяжкой принять за геометрически подобные по внешним очертаниям их тел и которые разнятся по линейным размерам в $P = 10$ раз, как и в наших предыдущих примерах. В качестве таких пар можно было бы назвать, например, маленькую лягушку-древолаза и обитающую в Японии гигантскую «лягушку-вола», современную новозеландскую птичку киви-бескрыла и недавно вымершего там же исполинского динорниса-моа. У обеих названных пар дыхательными приборами являются легкие, т.е. воздухоносные мешки, разделенные внутри на большое число ячеек — альвеол, что обеспечивает большое увеличение полезной поверхности — подобно, например, ребрам на радиаторах или на цилиндрах моторов с воздушным охлаждением.

Рассмотрим теперь два случая. Пусть, в первом случае, линейные размеры альвеол выросли у более крупного животного в $P = 10$ раз по сравнению с мелким, подчиняясь общему условию подобия между ними обоими; а во втором случае будем рассматривать эти альвеолы как сложные и тонкие приборы для дыхательного газообмена, в которых самую существенную роль для успешной деятельности играют их абсолютные размеры. В этом втором из мыслимых случаев в тысячу раз (P^3) большие по объему легкие крупного существа будут содержать в себе в тысячу же раз больше альвеол, чем легкие маленького существа, притом, однако, альвеол одинакового размера у обоих сравниваемых животных.

Что произойдет в том и другом случае? 1-й случай: альвеолы участвуют вместе со всем телом животного в соблюдении подобия; у большого они линейно крупнее в $P = 10$ раз, а их рабочие площади больше в $P^2 = 100$ раз. По соблюдаемому здесь условию строжайшего подобия число их у крупного животного больше в $P^3 = 1000$ раз; значит, с кислородным снабжением ему будет вдвое труднее, нежели маленькому; 2-й случай: альвеолы по величине неизменны; по нашему предположению это необходимо для их правильной функции. Число таких стандартных альвеол будет, очевидно, пропорционально объемам легких, т.е. у крупного экземпляра будет больше в $P^3 = 1000$ раз. Во столько же раз возрастет и общая дыхательная поверхность легких; следовательно, величина полезной площади альвеол, приходящаяся на единицу массы тела животного, будет теперь одна и та же независимо от абсолютных размеров животных.

Само собою разумеется, что действительный путь, который избрала природа по ходу эволюции различных органов и систем, может быть установлен только путем фактического изучения и измерения их строения у различных живых существ. К.Э. Циолковский совершенно справедливо подчеркивает, что в подобного рода примерах перед нами — не что-то исключительное; это, наоборот, типичные проявления того, какие отклонения от простого ньютоновского правила подобия встречаются на каждом шагу в живых организмах. Строение и фактура костей, свойства кровеносно-сосудистой сети, число и распределение всасывающих ворсинок в желудке и кишечном канале, наконец, строго стандартные, но по-разному группирующиеся системные элементы, из которых построены печень, почки, железы, нервная система, — все это примеры того, насколько необходимо тщательно изучить опытным путем, к какому из наших двух крайних случаев ближе подходит организация каждого из перечисленных органов. Показатель степени при величине P не обязан быть точно 2 или 3, как в приводившихся примерах; он может в действительности оказываться и дробной величиной, лежащей где-то между этими цифрами, может даже, судя по косвенным данным, становиться больше 3 или спускаться ниже 2. Циолковский обозначает этот переменный показатель степени буквой H и поневоле приписывает ему в разных случаях те или другие предположительные значения, поскольку в его время такой материал и не начинали разрабатывать единственно правильным, опытным путем. К нашему времени сравнительная физиология и особенно новая отрасль физиологии — так называемая физиология регуляций — смогли уже выяснить здесь многое из того, что было загадкой еще полстолетия назад.

Круг интересов Циолковского определил собою то, на каких вопросах он преимущественно останавливал свое внимание. Это, во-первых, энергетика двигательных актов живых существ: бега, прыжка, полета в гору, плавания и т.д., а во-вторых, вопросы, относящиеся к сравнительной механике крыла у мелких (насекомые) и крупных (птиц) организмов, в сопоставлении здесь еще с огромными искусственными «птицами», сделанными руками человека, — самолетами.

На каждом шагу приводя яркие иллюстрации диалектических переходов количества в новые качества, Циолковский показыва-

ет, как вместе с относительными размерами крыльев (площадью, толщиной и т.д.) меняется сама конструкция их, фактура материала, кинематика движений при полёте и т.п.

Время от времени Циолковский отходит от строгой, суховатой формы изложения, с расчетами, формулами и таблицами, и дает дорогу научному воображению. Под его пером возникают картины того, что должно бы было произойти, если бы линейные размеры живых существ изменились в $P = 10$, 100 или 1000 раз в ту или другую сторону. Он рисует, как по мере возрастания коэффициента P все сильнее растут лобовочные требования к поддержанию в поле тяготения безмерно увеличивающегося (в P^3 раз) веса животного, пока этот вес, наконец, не расплющит его. Он показывает нам картину существования на земле воображаемых человечков в $P = 1/1000$, демонстрируя наглядно, насколько по-иному выглядел бы для них мир, в каких отношениях им было бы выгоднее и легче по сравнению с нами, а в чем, наоборот, затруднения, совершенно пренебрежимые для нас по своей малости, должны были бы оказываться для таких ультраниллипутов абсолютно непреодолимыми.

Бесцельное фантазирование? — скажет, может быть, читатель. Нет, это будет с его стороны серьезной ошибкой, проявлением научной близорукости. И в этом же очерке мы как раз встречаемся с убедительными примерами того, насколько анализы подобного рода все более актуальны в условиях нашей современности. Мы действительно не властны изменить размеры наших тел в 10 или 100 раз. Но нечто, создающее очень сходные изменения условий, мы могли бы наблюдать на других телах нашей солнечной системы — на телах, которые уже не сегодня-завтра окажутся реально доступными для нас, начиная с самого близкого к нам тела — нашего спутника Луны. На поверхности этих тел имеют место самые разнообразные значения напряжения силы тяготения — от сравнительно высоких, на Юпитере, до ничтожно малых, как на мелких астероидах. Повышенные или, наоборот, уменьшенные значения напряжения силы тяжести, с которыми нашим будущим космонавтам придется встретиться на таких телах, будут ощущаться ими во многом сходно с тем, как ощущались бы изменения собственных размеров на поверхности нашей родной планеты. Сюда же, наконец, надо отнести напряжения за счет высоких ускорений в активных

фазах космических полетов — напряжения, с которыми уже довелось реально столкнуться космонавтам, как во время тренировок на центрифугах, так и во время вылетов в космические просторы. Со времен К.Э. Циолковского было написано немало научно-фантастических повествований о впечатлениях и трудностях воображаемых путешественников по космосу после высадки их на те или другие космические объекты, но мы никогда не забудем того, что Циолковский был первым пролагателем путей в этом направлении, не ограничившимся притом одними только картинными описаниями, но впервые попытавшимся подвергнуть строгому анализу зависимости между размерами тела живого существа, его статикой и динамикой и напряжением поля тяготения. В этом — его неувядающая заслуга.

КОЕ-ЧТО О ПИСЬМЕ И ПОЧЕРКЕ

Вряд ли можно найти среди доступных человеку двигательных навыков еще один столь же сложный, как навык письма. По своему строению этот навык даже сложнее, чем устная речь. В самом деле, если уже с чисто внешней стороны рассмотреть акт писания, можно понять, какое большое количество мышц и суставов руки содружественно и стройно участвуют в процессе письма; количество мышц языка и гортани, соучаствующих в устной речи, безусловно, намного меньше, а сустав в этих органах всего один — парный межчелюстной. Да и всем известно, что *говорить* умеет каждый нормальный человек с самого раннего детства (к 4-5 годам дети уже говорят безукоризненно), а *писать* человеку приходится специально учиться в школьном возрасте, навык же скорописи вырабатывается у него только в старших классах школы, то есть требует десятка лет постоянного упражнения.

У письма есть ещё одно своеобразное отличие от устной речи, которое мы отметим здесь только мимоходом. Чтобы писать, надо иметь материал и орудие — чем и на чем писать. Поэтому исторически письмо принимало все новые приспособительные облики. Современные нам формы письма, а особенно скорописи, необычайно молоды. Они во много десятков раз моложе разговорной речи. Еще каких-нибудь триста лет назад письмо имело совсем иной облик, чем сейчас. Это отнимает у нас какую-то бы ни было возможность говорить здесь о наследственном предрасположении, какое, несомненно, существует по отношению к звуковой речи.

Если маленький ребенок осваивает речь почти инстинктивно, то овладение письмом требует сознательного обучения и долгих упражнений в этом сложном и многостороннем умении.

Если сотню лет назад физиологи и психологи не видели в письме ничего, кроме чисто внешней, биомеханической сложности, и даже усматривали в головном мозгу некий специальный «центр письма» — маленький участок мозговой коры, который будто бы и служит командным постом для управления всеми сторонами процесса письма, — то сейчас наука смотрит на дело совершенно иначе.

Большую роль в понимании истинных соотношений сыграл здесь горестный опыт двух мировых войн. Изучение многочисленных черепных ранений, поражавших самые различные участки и области головного мозга, показало, что при ранении почти любого участка мозга наступают нарушения в движениях пострадавшего. Понятно, что сильнее всего нарушения проявляются в наиболее сложных навыках, подобных письму. Но при этом ясно обнаружилось, что в случае выхода из строя каждого из таких участков мозга нарушения бывают разные; в частности, очень поразному нарушается навык письма. Только тут стала видна вся многосторонность и сложность тех управляющих устройств в мозгу, совместная и слаженная работа которых необходима для выполнения обсуждаемого нами акта.

В этом очерке мы оставим в стороне самую первоначальную стадию овладения письмом, как раз лучше всего изученную психологами, — стадию перевода (или перекодирования, применяя современный термин) звукового и голосового образа слова в его же буквенный, начертательный образ¹. Даже в таких языках, как русский, которым присущи сравнительно близкие соответствия между звуковым и буквенным составом слов (пишется почти так, как слышится), и то этот вспомогательный навык перекодирования так называемых «фонем» в «графемы» приобретает с трудом. Здесь обычно помогает проговаривание каждого очередного слова вслух. Наблюдения в школах показали, что после приказа писать под диктовку с широко открытым ртом или прикусив язык ребята младших классов делают ошибок в семь раз больше.

¹ Об этой стадии см.: Лурия А.Р. Очерки психофизиологии письма. М., 1950; Гурьянов Е.В. Развитие навыка письма у школьников. М., 1940.

Будем считать эту первую стадию так или иначе пройденной и обратимся к наблюдению над тем, как постепенно организуется управление двигательной стороной (так называемой психомоторикой) письма. Такое наблюдение покажет нам, что управляющие системы навыка письма еще значительно сложнее, чем позволял думать материал, полученный при изучении мозговых ранений, и при этом предъявит нам замечательный образчик тонко организованной *многоэтажной системы регуляций*, представительницы как раз тех систем, которые в настоящее время углубленно изучаются в теории автоматического управления.

Дело в том, что двигательные устройства нашего тела, в частности, двигательный аппарат руки, в одно и то же время и богато подвижны и капризно трудны для управления ими. Начать с того, что даже для самых простых телодвижений, вроде сгибания-разгибания колена или локтя, необходимо содружественное участие двух мышц противоположного действия. Ведь наши мышцы — это упругие жгуты, которые способны развивать только *тягу*, но не толкание.

Я не раз демонстрировал своим слушателям опыт, неизменно вызывавший веселое оживление в аудитории и очень показательный в смысле того, какое сложное дело — управление даже наипростейшими движениями посредством упругих тяг, если оно не опирается на привычку и опыт всей предшествующей жизни.

Спереди к поясу вызвавшегося подопытного я прицеплял верхний конец лыжной палки, а к ее нижнему концу с острием и колесиком прикреплял груз в пару килограммов и две длинные резиновые трубки. Направив острие палки прямо вперед и дав подопытному в каждую руку по концу трубки, я подводил его к классной доске и предлагал, управляя упругими трубками, как вожжами, обвести острием палки крупно нарисованную на доске фигуру — квадрат, круг и т.п.

Палка в этом опыте изображает кость, ее крепление к поясу — подвижный сустав, резиновые трубки — две мышцы взаимно противоположного действия.

Много смеха вызывали в аудитории дрожащие, неуверенные движения острия палки. При всем старании подопытного четко выполнить задание его движения походили более всего на действия дряхлого старика.

А между тем ведь этот немудреный опыт моделировал лишь самый простейший случай — управление *одним* звеном посредством *двух* мышц. В жизни мы (как и животные) великолепно владеем всеми движениями нашего тела, оснащенного не парой, а сотнями мышц и не меньшим количеством степеней свободы суставной подвижности. Наш самый главный рабочий орган — рука — имеет около трех десятков степеней свободы подвижности от лопатки до кончиков пальцев и примерно столько же самостоятельных мышц; а к этому нужно прибавить еще, что в работу управления ими должна входить регуляция: одних мышц — по точности движения, других — по его силе, плавности, ритмичности, своевременности и прочее.

Тот принцип, благодаря которому все это достигается, когда каждая из сторон управления выполняется правильно и весь «ансамбль» достигает полной и четкой сыгранности, правильнее всего назвать принципом *многоуровневой регуляции*.

Этот принцип в приложении к живым организмам уже давно обнаружен нашей отечественной физиологией. Сущность его состоит в том, что управление ходом движения распределяется между целым набором управляющих подсистем с разными обязанностями. Эти подсистемы разнообразно подчинены одна другой и все вместе образуют своего рода пирамиду из мозговых приборов и коммуникаций. Каждая такая управляющая подсистема организована, как кольцо на обратных связях (рис. 1). В соответствии с кругом своих обязанностей такое «рефлекторное кольцо» непрерывно получает донесения от бесчисленных датчиков со всего тела: приборов мышечно-суставной и осязательной чувствительности, органов зрения, равновесия и других — и, опираясь на всю эту информацию, выправляет и регулирует движение. Работа этих систем регуляции очень похожа, таким образом, на работу программированных устройств, широко распространившихся в наше время в технической автоматике.

Эти подсистемы, управляющие точностью, силой, согласованностью движений, подчиняясь в работе одни другим, все вместе подчинены верховной, или *ведущей*, мозговой командующей системе, органами которой служат наиболее высоко стоящие приборы коры головного мозга. Эта система заведует целью и

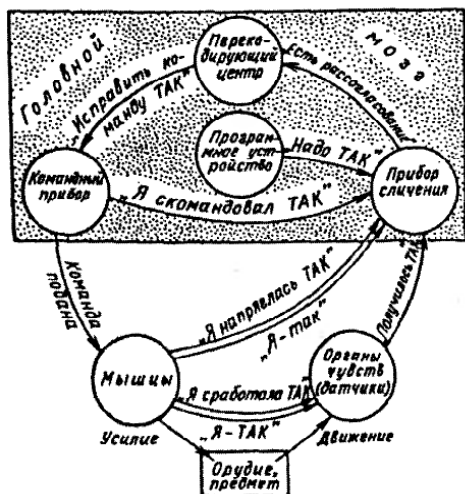


Рис. 1. Блок-схема «рефлекторного кольца» типовой управляющей подсистемы двигательного аппарата

смыслом выполняемого движения или действия. До нашего сознания доходят только те сигналы от обратных связей, которые адресованы этой ведущей системе, и осознаются лишь те команды к подчиненным аппаратам мозга и органам движения, которые посылает она. Все те регуляции, которые имеют скорее техническое, нежели смысловое, значение и выполняются подчиненными кольцами управления, не достигают нашего сознания: как говорят, они совершаются *автоматически*.

Можно представить себе теперь, какой большой и подчас долгий труд нужен для того, чтобы наладить как должно работу всего этого «оркестра», особенно в сложном навыке!

Выработка каждого нового умения затевается и предпринимается вначале всегда его ведущей, смысловой системой. Вся отделка движения: обуздание дрожи из-за несработанности мышц, правильность перемещений, плавность, ритмичность и еще многое подобное — приходит потом, постепенно. Ведущая же система,

которая не приспособлена для этих отделочных перестроек, вначале ведет движение «кое-как», насколько позволяют ей это делать ее технические ресурсы.

Проследим в беглом обзоре, как постепенно протекает у ребенка освоение и автоматизация письма и как он понемногу перепоручает низовым системам своего мозга «техническую отделку» этого навыка. Я взял приводимые здесь образцы не из учебных тетрадок, где ребенок неизбежным образом старается, повинаясь учителю и побаиваясь его. Гораздо показательнее корреспонденция, где ребенок сам себе хозяин и не связан никакою менторскою указкой.

Перед ведущей мозговой системой ребенка возникает образ буквы, конечно, вначале всегда уже знакомой ему печатной. Он и принимается рисовать буквы одну за другой, карандаш заметно дрожит в его руке от непривычки к мелким движениям. Что это пока еще рисование, видно из того, что он отнюдь не всегда делает различие между существенными и второстепенными элементами буквы. Он спешит, скоро устает от напряженных стараний, а быстро бегущая мысль так досадно медленно ложится на бумагу. Письмо, начатое тщательно и мелко, становится все размашистее, грубее и торопливее. Нередко, пока мозг припоминает форму следующей нужной буквы, карандаш нетерпеливо и полумашинально кружится на одном месте, превращая уже изображенную букву в целый клубок или кляксу. Очень любопытно, что временами вместо правильных букв на бумаге появляются их зеркальные изображения, а иной раз наступает какое-то стихийное перепроизводство зеркальных букв, так что уцелевают от этого только симметричные буквенные знаки, вроде П или Ш. (Это явление, нужно заметить, не имеет никакой связи с левшеством; его происхождение совсем иное.)

Все еще обходясь только средствами своей ведущей системы и преодолев разве лишь первоначальную дрожь карандаша, ребенок пытается писать и письменным связным шрифтом. Потешно выглядит его старательное стремление действовать во что бы то ни стало без отрыва карандаша от бумаги. Все это удастся только на крупных, разномасштабных буквах: ведь для мелких, точных движений нужна гораздо более тонкая координация, чем та, которой он располагает.

Переход к письму чернилами, школьным пером требует от ребенка преодоления еще одной трудности и еще нового акта автоматизации. Ему велят писать «с нажимом», то есть управлять рядом с мышцами, заведующими движением в плоскости бумаги, еще и теми, которые производят давление перпендикулярно к ней. Это новая нагрузка на распределение внимания: очертания букв делаются неровными, а нажимы — преувеличенно жирными. Замечу, что в настоящее время имеется разумная тенденция допустить начинающим сразу работать авторучкой, для которой «проблемы нажима» не существует; это, конечно, устраняет ненужную трудность.

Чернильное письмо становится все мельче и все увереннее; писать удастся все быстрее, и тут наступает следующий, очень интересный для физиолога этап: в строй входит одна из самых глубинных, а вместе с тем самых древних управляющих подсистем.

В строчках, написанных 10-12-летним школьником, который вполне овладел навыком письма, уже все на месте, кроме одного признака, что сразу бросается в глаза при сравнении с письмом взрослого. Отроческие буквы угловаты, разнотипны и часто не связаны между собой (то раннее детское щегольство подражания «связному» письму, конечно, давно забылось), их рисунок некрасив и беспомощен по виду.

Здесь также можно заметить явление, называемое персеверацией, то есть своего рода машинальное топтание на одном месте. Персеверация зависит от нарушения внимания и часто проявляется в детском письме либо в виде напутывания карандашом клубка, либо в виде повторений одного слога («вороророна») или слова. Я остановил внимание на этом явлении потому, что оно часто проявляется при мозговых ранениях (совершенно определенное местоположение в коре левого полушария мозга), а у нормального ребенка подтверждает факт той сложной, многоцентральной организации письма, о которой говорилось раньше.

Теперь обратимся к тому процессу, который наконец превращает угловатые буквы подростка в плавную и связную скоропись.

Нужно сказать, что одним из самых древних по истории развития и самых употребительных в животном царстве видов движения является *ритмическое колебание* по синусоиде или какой-нибудь из ее близких разновидностей. Так машет крыльями

птица, шагает или бежит человек, чешется лапой собака и т.д. Если такое колебание по прямой линии, по кругу или по эллипсу сочетается с постепенным передвижением вдоль какой-нибудь прямой, то из колебания получается кривая, называемая *циклоидой*. Подобную кривую выписывает в пространстве, например, любая из точек катящегося колеса. Такого же рода циклоида получается на бумаге, если пальцы, держащие перо или карандаш, ритмически колеблются, сгибаясь и разгибаясь, а мускулатура предплечья равномерно перемещает запястье и кисть слева направо.

И вот о настоящем скорописном письме можно сказать буквально то же, что и о модулированных колебаниях несущей частоты в радиопередачах. В нашем случае такой «несущей частотой» является циклоидное движение кисти и пальцев, а ведущая мозговая система пишущего *модулирует* этот колебательный фон, наделяя его смыслом и преобразуя циклоидные петли в осмысленный код букв и слов.

До этой самой низовой и глубоко сидящей в недрах мозга подсистемы, управляющей плавно-колебательным фоном движений, ведущему мозговому уровню удастся добраться только в самую последнюю очередь. И лишь когда она бывает вовлечена в работу писания, сложная многоэтажная пирамида управления завершена и закреплена настолько, что в дальнейшем почерк уже сохраняется пожизненно.

Об этой-то важной характеристике письма. — *почерке* — тоже следует сказать несколько слов. Скажу сразу, что если в неврологическом строении *письма* для нас ясно уже очень многое, как я и стремился показать на предыдущих страницах, то проблема того, что такое *почерк* и каковы его механизмы, все еще остается полной вопросительных знаков. А между тем в этой проблеме, может быть, и заключается как раз самое интересное.

Наш взор уже давно сумел подметить во многих видах человеческих движений какие-то стойкие индивидуальные особенности, составляющие свойственный этим движениям характер или манеру. В языке подыскалась даже подходящая приставка «по», которая используется в ряде случаев для обозначения этой манеры: по-ходка, по-бежка, по-черк, по-вадка и т.п. О каких главных характерных свойствах этих «по» мы можем сейчас с уверенностью сказать?

Во-первых, хотя ни одно привычное движение не бывает точно тождественным с предыдущими или последующими, как бы прочно ни был выработан навык, тем не менее общий облик или физиономия этих движений остаются настолько устойчивыми, что мы опознаем их с первого взгляда. В сберкассе вам без колебаний выдают деньги по вашей подписи, хотя она наверняка не тождественна (выражаясь математически, не конгруэнтна) ни с имеющимся в кассе образчиком, ни с любым из своих повторений. То же самое справедливо для тембра голоса, акцента произношения, походки, по которым мы нередко способны узнать человека и через много лет.

Во-вторых, удивительно, хотя пока еще мало понятно, другое свойство почерка (мы опять сосредоточимся на нем): он остается неизменным и характерным, пишем ли мы мелко или крупно, перед собой или сбоку, пером по бумаге или мелом на классной доске и т.д., хотя совершенно ясно, что во всех этих случаях мы заставляем работать самые различные мышцы и их сочетания. Образ и облик букв как бы находят себе дорогу из командного поста мозга через любые исполнительные органы нашего тела. Более того: характерные и, так сказать, существенные черты почерка сохраняются и тогда, когда мы пробуем писать запястьем, локтем, ртом, носком ноги и т.п. В журнале «Наука и жизнь» (№ 8, 1963 год) были воспроизведены снимки из одной из моих работ², на которых это явственно видно. Только глубокий механизм плавных циклоидальных колебаний не способен к такому переключению, и поэтому письмо всеми этими непривычными органами утрачивает характер скорописи.

Может быть, еще удивительнее, что инвалиды с протезами обеих рук, которым, конечно приходится особенно усердно культивировать в себе эту способность переключения, дают еще более яркие образцы сохранности почерка.

Третье, опять столь же загадочное свойство почерка заключается в его *пожизненности*. Автор записи, сделанной в памятной книжке в 1920 году, любезно повторил по моей просьбе дословный текст этой записи в текущем году, сорок четыре года спустя. Сравнив эти две записи, можно сказать, что почерк неотъемлем от человека в не меньшей степени, нежели отпечатки пальцев.

² Бернштейн Н.А. О построении движений. М., 1947.

Даже при умышленном резком изменении почерка в нем остаются неистребимые черты сходства с самим собой.

Очень возможно, что именно это стойкое постоянство индивидуального почерка при огромном разнообразии его облика у разных людей и привело к мысли о том, что почерк может отражать в себе обстоятельно и ярко характер и всю личность человека. Можно ли, однако, считать серьезными всевозможные попытки (обычно проводимые на фоне широкой рекламы) провозглашать, что уже сегодня существует строгая наука — *графология*?

Буржуазные журналы и газеты до сих пор (а до революции это было и в России) изобилуют объявлениями с заманчивыми приглашениями: пришлите, уважаемый читатель, образчик вашего почерка с приложением двух почтовых марок или без одного — и вы получите от нас точное определение вашего характера и чуть ли не целый гороскоп с предсказанием вашей будущей судьбы на годы вперед.

Если даже не говорить об этих «пророчествах» и «предсказаниях» прямых жуликов, то и тогда графологию в ее современном виде нельзя назвать научной дисциплиной.

Графологи декларируют, что ими открыты соотношения между почерком человека и его индивидуальными психическими особенностями, его характером.

Но вряд ли можно считать достоверными, научно установленными такие утверждения, что почерк с наклоном влево указывает на упрямство, а с сильным наклоном вправо — на чувствительность, что закругленные буквы — это признак доброты, слитые в слова буквы выдают мечтательность, а отдельные — рассудительность и т.д. и т.п.

Конечно, нет никаких оснований считать, что все это так и есть. Безусловно, дело значительно тоньше, сложнее.

В графологической литературе вы можете прочитать: «Если некоторые буквы, как, например, а, м, у, г, в, ф, т, ж, своими концами спускаются ниже строки, то это указывает на ясный и светлый ум, способность к мышлению и умению упорно преследовать свою цель».

А от такого, например, утверждения, что если в заглавной букве «М» обе палочки равны по высоте, а нижний крючок у первой палочки очень мал, то это указывает на «возвышенность натуры, на холдность, ровность в обращении, отсутствие застенчивости,

способность к составлению законов», прямо веет шарлатанством. Сам за себя говорит и такой перл:

«Если буква у (в слове “ищу”) перекрещивается с буквой щ, то это указывает на стыд и желание переменить имя, чтоб его не узнали».

А вот как, по мнению некоторых графологов, в почерке отражается... внешность:

БЛОНДИНЫ.

«Ровные строки, мелкие буквы, в конце строки буквы становятся как бы уже, почерк разборчивый, но растянутый».

БРЮНЕТЫ.

«Поднимающиеся строки; кроме того, буквы очень старательно выведены, с желанием придать им красивую форму, что особенно сказывается в крючках заглавных букв, сами буквы горделивые, приподнятые».

ЛЮДИ СРЕДНЕГО РОСТА.

«В конце строки последние три буквы опускаются; в начале строки буквы сжатые, ровные, а в конце редкие и опускаются».

ЛЮДИ ПОЛНЫЕ

«Большой частью нажимы делают на второй части букв, а не на первой, попадают мелкие, неразборчивые и недоконченные буквы».

Как же следует расценивать сегодняшнюю графологию?

Возьмем хороший аналогичный пример из другой сходной области. Кто станет спорить против того, что по внешнему облику человека, по чертам его лица, взору, мимике можно составить себе представление о личности этого человека? Не случайно закрепилось в народной памяти старинное изречение: «Лицо есть зеркало души».

Все это так, но тем не менее физиогномика пока не стала наукой и, строго говоря, не имеет в своем активе ни одного твердо установленного вывода.

Не найдено еще ни одного строгого научного метода, еще не отыскан ключ, которым можно было бы отпереть ларец, где запрятана информация о связи между обликом человека и чертами его личности. Поэтому тем более настороженно приходится относиться к таким «методам» распознавания характера, какими оперирует, например, хиромантия, когда ни с какой стороны не очевид-

но, что вообще должна быть какая-то смысловая связь между внутренним содержанием человека и кожными складками на его ладони. Здесь слишком легко проторяет для себя дорогу эрзац-продукт, порожаемый шарлатанствующим делячеством.

Там, где строгая наука еще не в состоянии прийти к точным и выверенным заключениям, начинает пробиваться, с одной стороны, потребительская нетерпеливость, а с другой — устремляющаяся ей навстречу предпринимательская угодливость. Желаемое принимается за действительное; место обоснованных выводов захватывают поверхностные и поспешные догадки, иногда замысловатые, иногда поражающие своей прямолинейной наивностью. Легковерие массы используется для того, чтобы сбывать ей незрелый или просто недоброкачественный товар. Именно это происходит и с сегодняшней графологией, которую следует причислить — пока — к лженаукам.

Вряд ли нужно обосновывать нашим читателям несостоятельность одной из претензий графологии — поползновений ее на определение по почерку судьбы и будущности человека. Здесь недобросовестный обман, подкрепляемый коммерческим интересом, прямо бьет в глаза, и гадатели-графологи ничем, конечно, не возвышаются в этом отношении над лобными гадалками на кофейной гуще или над пресловутым кумиром московских купцов прошлого века Иваном Яковлевичем Корейшей.

Однако правильно ли считать графологию бесперспективной вообще? Можно ли надеяться получить от нее что-нибудь реальное и научно обоснованное, например, в таких областях, как определение темперамента человека, черт его характера, может быть, даже его склонностей, вкусов и т.д.? Означает ли сегодняшнее бессилие графологии то, что она останется такою и в дальнейшем?

Ведь из того, например, что прогремевшее когда-то лечение нервных болезней месмеризмом с помощью «магнитного бассейна» оказалось шарлатанством, не следует, что эти болезни и вообще неизлечимы. А многие из них и в самом деле излечиваются в наше время с полным успехом, когда медицинская наука уже доросла до требуемого уровня. Нет никакого сомнения, что в каждом живом организме буквально все связано со всем, и индивидуальные черты личности человека не могут не отпечаты-

ваться в чертах его лица, в его почерке, походке, тембре и интонациях его голоса и т.д. Но записаны эти черты личности такими кодами, какие современная наука пока еще не в состоянии прочесть и декодировать. Более чем вероятно, что уже в ближайшем будущем все это станет реальным и возможным, так что можно будет заговорить о действительно научной графологии и физиогномике. Очень возможно, что пути для такого действительно научного подхода проложит биокibernетика — это юное, но многообещающее детище нашего времени.

ОТ РЕФЛЕКСА К МОДЕЛИ БУДУЩЕГО

Мы переживаем время бурного притока новых идей по всему обширному кругу наук о жизни. И сами эти идеи, и их приложение к практике, безусловно, плодотворны, они существенно увеличивают власть человека над живой природой. Расскажем здесь в немногих словах о совсем молодой, но уже многообещающей ветви биологических наук — о биологии и физиологии активности.

Широко известно и много раз описывалось, как возрастающие и усложняющиеся требования производства и обороны привели за два-три последних десятилетия к появлению и расцвету новой науки — кибернетики — учения об управлении и связи. И одновременно с тем, как кибернетика, теоретическая и прикладная, блестяще обслуживала породившие ее технические отрасли, было замечено, что по крайней мере один из предметов этой науки — управление — представляет собою факт, присущий одной только живой природе и не встречающийся нигде среди неживых предметов — по крайней мере до тех пор, пока к ним не притронется рука человека.

С одной стороны, это бесспорное положение тут же оказалось чрезвычайно полезным кибернетике. Для множества проблем технического управления наука о жизни — биология — смогла подсказать высокоцелесообразные решения, указать инженерам замечательные по своему совершенству системы регуляции, управления и даже связи, которыми обладают многие представители животного мира. Выделилась как особое направление новая научная линия — бионика, которую следует определить всего точ-

нее, как подражание живым системам и использование их для всякого рода технических устройств.

С другой же стороны, этот факт заставил задуматься о многом и самих биологов. В сущности только под натиском кибернетики и ее практических требований биологи впервые занялись вплотную вопросом: что же такое управление, почему и как оно возникает в животном и растительном мире?

ПРЕЖДЕ всего отметим, что управление и управляемость ни когда и нигде не возникают как самоцель, как что-то существующее само для себя. Управление требуется там, где ставится какая-то задача, где определяется та или иная цель, которую необходимо достигнуть. Управляемость необходима конечностям или крыльям животного для того, чтобы они послушно несли его в требуемом направлении, куда что-либо побуждает его бежать или лететь. Управляемость — это основное средство сделать послушными многосуставные цепочки рук человека, выполняющего физическую работу, или его пальцы, когда он рисует или пишет. Управление и управляемость, наконец, лежат в основе самого фундаментального явления жизни — развития: ведь только ими и обеспечивается то, что при всех возможных помехах и при всем разнообразии жизненной обстановки из желудка обязательно развивается дуб, а не клен или липа, из куриного яйца — цыпленок, а не лебедь и не фламинго.

Значит, управляемость возникает в животном и растительном мире потому, что их представители направлены развиваются и направлены же действуют. И человек, и животные нуждаются в послушной управляемости всех своих органов для того, чтобы воздействовать на окружающую их обстановку так, как это им нужно. Действия птицы, когда она строит свое гнездо, планомерны, она не мечется случайно туда и сюда, а руководствуется чем-то, похожим на замысел или предрешение того, к чему должны привести ее действия. И устремление хищной рыбы за добычей, и действия обезьяны, карабкающейся на дерево за плодами, и полет насекомого к замеченному цветку и т. д. — все это, как и бесчисленные другие возможные примеры, представляет собой направленные действия.

Итак, если о текущей обстановке, о том, что есть сейчас, мозг живого существа получает информацию через органы чувств, то отображение или наметку того, во что должна обра-

титься эта обстановка, в соответствии с потребностью животного, мозг создает сам, в своих еще во многом неизведанных недрах. Науке еще не близко до того, чтобы уяснить, каким кодом и в каких формах записываются в мозгу эти отображения или мозговые модели потребного будущего, но и их реальность, и их значение для активности живого существа не вызывают никаких сомнений.

В этом и состоит важнейшая, может быть, даже ключевая услуга, которую теоретическая кибернетика сумела оказать наукам биологической группы. Управление и управляемость необходимы и возникают там, где существуют задачи, требующие активного воздействия на окружающий мир; где они могут каким-либо образом быть заранее запланированы живым существом; где управляемость создает для него возможность активно, целеустремленно добиваться, чтобы они — через сколько-то секунд или других единиц времени — превратились в действительность. Так из биологической ветви кибернетики родилась и сразу обнаружила свою многостороннюю практическую важность молодая научная отрасль — биология (и физиология) активности.

СУЗИМ теперь рамки нашего краткого очерка до физиологии действий человека и наиболее близких к нему животных. Уже и это позволит нам дать целый ряд примеров того, насколько обсуждаемое направление науки способно прояснить понимание многих вопросов, еще совсем недавно приводивших в тупик.

Начнем с движений. Этот вид жизнедеятельности почти не исследовался наукой до самого недавнего времени, несмотря на всю свою неоспоримую важность, — настолько неясно было, как к нему приступить и осмыслить. А ведь движения — это почти единственный вид жизнедеятельности, посредством которого живое существо не только взаимодействует с окружающим его миром в соответствии со своими потребностями. Старая физиология с еще поверхностным взглядом на вещи придавала главное значение тому, что зачастую движение начинается вслед за каким-либо внешним побудительным толчком. Это явление отнесено к обширному кругу так называемых рефлексов, которым вообще, еще со старинных времен Декарта, придавалось совершенно неоправданное значение для физиологии человека и животных. Однако такой побудительный внешний толчок иногда имел место, а иногда и нет, и главное, совершенно не объясняя,

почему движение потекло так, а не иначе, и в чем его смысл и назначение. Физиология активности сумела взглянуть на вещи иначе и глубже.

Движение начинается или порождается определившейся в мозгу двигательной задачей. Определив ее как модель потребного будущего, мозг намечает затем, как, по каким путям и ступенькам возможно перейти от того, что имеет место сейчас, к тому, что должно явиться решением двигательной задачи. В терминах кибернетики это есть программирование действия: и здесь кибернетика сослужила службу физиологии, снабдив ее удачным определением.

Для осуществления этой программы и необходима управляемость двигательного аппарата тела — его костно-суставно-мышечной системы. И здесь обнаруживается, что управление этим аппаратом так, чтобы им действительно решалась возникшая двигательная задача, протекает в очень сложных условиях. В самом деле, ведь почти каждое движение, если в нем есть некие цель и смысл, должно преодолевать те или другие внешние силы — ветер, сопротивление материала или противника и т.д. Все эти силы непредусмотримы и неподвластны действующему существу; поэтому преодолевать их (а вместе с ними еще силы отдачи между звеньями суставчатых конечностей) возможно только с помощью гибкого и приспособительного маневрирования. Здесь наш организм использует богатейшую систему регулирования по обратным связям — устройство, хорошо известное и технической автоматике; информацию в мозг о сбивающих воздействиях и рассогласованиях берут на себя всевозможные виды органов чувств. Из сказанного понятно теперь, что чем отчетливее и определеннее отображенная в мозгу двигательная задача, чем важнее для живого существа ее успешное решение, тем гибче, приспособительнее и вариативнее должны быть и программа ее решения, и работа механизмов управления, которые осуществляют эту программу.

Во многих, нередко даже несложных предметных действиях эта приспособительная вариативность видна даже невооруженному глазу. Пронаблюдайте за собой, как вы, например, вбиваете в стену гвоздь, завязываете несколько раз подряд галстук или ботиночный шнурок, чините карандаш, нарезаете кусок мяса и т.п. Ни одно из ваших последовательных движений не будет тож-

дественно с другим, хотя все они будут целесообразны, более того, именно потому, что они будут целесообразны.

Теперь ясно, что выработка любого двигательного навыка — спортивного, трудового, художественного мастерства и т.д. — есть не что иное, как отработка управляемости по этому навыку. Упражнение, если только оно правильно поставлено, должно повторять раз за разом не то или другое средство решения данной двигательной задачи (это было бы бесполезной зубрежкой), а процесс решения этой задачи с постепенным уточнением и совершенствованием средства.

Поэтому даже в самом высокоразвитом двигательном навыке или умении движения всегда вариативны, не тождественны одно с другим. А внимательный физиологический анализ показывает, что эта вариативная неодинаковость в навыковых движениях имеет по меньшей мере три разных источника. Во-первых, это приспособительность к тем внешним и неподвластным помехам, о которых уже говорилось выше. Во-вторых, это следствие непрерывного учета переменчивых внутренних состояний в собственном организме: изменчивой возбудимости многочисленных мышечных единиц, их кровоснабжения и т.п. В-третьих, наконец, это поисковая вариативность; она вызывается тем, что управляющий и программирующий аппарат мозга все время активно доискивается наилучших приемов для решения данной двигательной задачи. Попутно же этими поисками вырабатывается и создается высокая помехоустойчивость движений, способность навыка противостоять всякого рода сбивающим воздействиям. Советская космонавтика уже успела показать, какую пользу принесла ей правильно поставленная наземная тренировка именно в отношении стабильности и помехоустойчивости навыков в весьма необычных условиях космического полета.

ФИЗИОЛОГИЯ активности, изучающая аппарат управления и действий живых существ, наводит уже на новые пути и юную бионику. Устремив первоначально все свое внимание на органы чувств у представителей животного царства, которые сразу поразили воображение ученых своим разнообразием и совершенством, бионика начала теперь собирать материал и по линии органов и механизмов движения животных, где стали выявляться не менее замечательные «технические решения». Напомним

здесь о загадочных, но бесспорно имеющих микроскопических свойствах кожи у водных млекопитающих (дельфины), которые обеспечивают им ламинарное, безвихревое обтекание водяных струй и феноменальную легкость и быстроту плавания. Упомянем далее о далеко еще не изученных свойствах аэродинамики бахромчатого строения перьев птиц, разного при этом у перьев, несущих различные летные обязанности, и о весьма своеобразной кинематике движений крыльев как у птиц, так и у летающих насекомых, которые при всей их глубокой аэродинамической целесообразности все еще неподражаемы для сегодняшнего уровня техники.

Хорошо известно, сколько разнообразных усилий прилагается последние десятилетия к решению весьма загадочной проблемы о направленных дальних перелетах и переплывах животных. Птицы, гнездящиеся летом на севере, безошибочно находят ту лесную кочку или тот конек крыши, где они соорудили себе гнездо в предыдущем году. Морские черепахи, обитающие по побережьям Центральной Америки, уверенно переплывают по Атлантическому океану на маленький островок, облюбованный ими для кладки яиц и нередко отстоящий от материка более чем на тысячу километров. На тему о том, чем руководствуются эти животные в выполнении таких действий, высказаны уже десятки правдоподобных гипотез и поставлено немало зачастую очень остроумных опытов. Но показать, в чем причина того тупика, в который пока еще упирается наука в этом вопросе, по силам, видимо, только физиологии активности.

В самом деле, какими бы разнообразными датчиками и в каком бы богатом ассортименте ни обладала, например, перелетная птица (а широкая оснащенность ее такими датчиками-информаторами стоит вне всяких сомнений), что стал бы ее мозг делать со всеми этими потоками информации, если бы их не с чем было сличать? И эволюционное происхождение датчиков этой группы, и способы их использования могут основываться только на том, что мозг птицы способен к формированию четкой внутренней модели требуемого маршрута. В выявлении того, что это за модель, каким кодом она записана в мозгу птицы или морской черепахи, заложен, по-видимому, единственный правильный ключ к строгому опытному решению проблемы о штурманских механизмах у этих животных.

ЦЕЛИКОМ опирается на физиологию (и психологию) активности другая молодая ветвь биокibernетики — эвристика, предмет которой — планомерный поиск оптимальных решений и программ действия. И даже техническая проблема, на первый взгляд чрезвычайно далекая и от физиологии, и от активности, — проблема машинного перевода с одного языка на другой — начинает во все возрастающей мере ощущать на себе плодотворность новых взглядов, выдвигаемых наукой об активности. Новая и многообещающая платформа строится на положении, что речь — это действие, отображающее активную мысль.

Таковы, в самой краткой обрисовке, широкие и разнообразные перспективы для теории и практики, которые открываются нам физиологией активности и охватывающей ее более широкой научной областью — биологией активности.